



**LIBRO BLANCO**

**BIOQUÍMICA Y  
BIOTECNOLOGÍA**

**Agencia Nacional de Evaluación  
de la Calidad y Acreditación**

---

## INFORME DE LA COMISIÓN DE EVALUACION DEL DISEÑO DEL TITULO DE GRADO EN BIOQUIMICA Y BIOTECNOLOGIA

### DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Convocatoria: tercera  
Nombre del Proyecto: Bioquímica-Biotecnología  
Universidad Coordinadora: Universidad Autónoma de Madrid  
Coordinador del Proyecto: José González Castaño

### COMISIÓN DE EVALUACIÓN

Francisco Marcellán: Director de ANECA  
Gaspar Rosselló: Director de Programas de ANECA  
Benjamín Suárez: Coordinador del Programa de Convergencia Europea de ANECA.  
Felicidad Rodríguez: Experta del Programa de Convergencia Europea de ANECA  
Joaquím Olivé: Experto del Programa de Convergencia Europea de ANECA

La red propone unos estudios con un tronco común y dos orientaciones (Grado en Bioquímica y Grado en Biotecnología). Se aportan numerosos datos sobre estudios análogos en Europa no solamente referidos al grado, sino también al postgrado. La heterogeneidad de los estudios de grado ha determinado que la red no haya seleccionado ningún modelo.

Los análisis realizados sobre oferta y demanda son adecuados y en líneas generales la oferta supera a la demanda (en Bioquímica es ligeramente superior, mientras que en Biotecnología es menor). El estudio de inserción laboral aportado es completo y clarificador siendo destacable que una gran mayoría de los actuales egresados continúan estudios de doctorado.

La red propone 3 perfiles generales para el grado y por ello pueden coincidir con los de otras propuestas. El estudio de competencias realizado está limitado en lo que se refiere a los grupos encuestados. Se identifica, con algunos matices, a empleadores con investigadores del sistema público, por otro lado, la información manejada no se refiere específicamente a egresados de las titulaciones objeto del proyecto.

La relación de conocimientos y competencias con cada bloque de materias propuesto es adecuada, aunque en algunos casos los contenidos son demasiado exhaustivos. La red hace interesantes recomendaciones sobre algunas características del postgrado en Bioquímica y en Biotecnología.

En lo que se refiere al punto 14 "Criterios e indicadores del proceso de evaluación", consideramos importante la aportación, si bien entendemos que una valoración conjunta de los indicadores incluidos en todos los proyectos hará posible presentar una propuesta más completa.

Por tanto con independencia de que se subsanen las deficiencias apuntadas por la Comisión de Evaluación, se considera que el proyecto debería publicarse como Libro Blanco y enviarse al Consejo de Coordinación Universitaria y a la Dirección General de Universidades.

# Libro Blanco de las Titulaciones de Grado y Post-grado de

## Bioquímica y Biotecnología

**Madrid 2 Diciembre de 2005**

Subvencionado por la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y  
Acreditación (ANECA)

## Introducción

El nivel molecular es fundamental para la comprensión del funcionamiento de los seres vivos. La complejidad de formas, estructuras, organización y función de los seres vivos alcanza una uniformidad de principios y mecanismos en el nivel molecular que permite una mayor comprensión y la mejora en los procesos de intervención humana en muchos aspectos, desde la alimentación y la salud hasta el medio ambiente. Por ello cada vez más se abre paso el uso de términos como Ciencias Moleculares de la Vida o Biociencias Moleculares que se fundamentan sobre la Bioquímica y Biología Molecular. El avance de la investigación básica y aplicada en estas áreas ha sido espectacular en el siglo XX. El incremento y la mejora de la investigación en Bioquímica y Biología Molecular y Biotecnología ha sido también notable en nuestro país en los últimos cuarenta años, llegando a ser en la actualidad la primera disciplina en porcentaje de contribuciones científicas e impacto en el contexto internacional.

Las Biociencias Moleculares y sus aplicaciones biotecnológicas están consideradas, después de las tecnologías de la información, la siguiente gran ola de expansión de la economía basada en el conocimiento. La Unión Europea ha apostado claramente por convertirse en una fuerza líder mundial en la economía basada en el conocimiento. Las necesidades globales en relación con la salud, el envejecimiento, alimentación, medio ambiente y el crecimiento sostenido solamente pueden ser abordadas con la generación de conocimiento y su aplicación. Las Biociencias Moleculares y la Biotecnología son ciencias, que como las ciencias de la información, pueden ser aplicadas a un gran número de objetivos tanto públicos como privados. Los descubrimientos moleculares se producen con tal rapidez en la actualidad que el crecimiento de las aplicaciones es cada día más amplio. En el área sanitaria existe una gran necesidad de aproximaciones nuevas e innovadoras para conseguir, por ejemplo, la mejora de la calidad de vida de los mayores en países desarrollados (el mercado de fármacos para los mayores en el 2010 se estima en 80.000 millones de € y prácticamente lo mismo para fármacos anti-envejecimiento). Por otro lado, todavía no hay cura para la mitad de las enfermedades que padece el hombre, y algunas terapias existentes, como los antibióticos, se están volviendo menos efectivas por las resistencias que aparecen. Las aplicaciones sanitarias de la Biotecnología permiten la producción más ética, barata y segura de un número cada vez mayor de fármacos tradicionales y

nuevos (ej: insulina, G-MCSF, EPO, GH, Factor VIII, etc) para el tratamiento de muchas enfermedades. La terapia molecular y celular está en sus albores, pero la búsqueda de sustancias moduladoras de dianas moleculares clave, de procedimientos de intervención génica o dirigidos al control de la reproducción y diferenciación de células troncales son campos de amplia expansión en la actualidad. La producción y mejora de alimentos para la erradicación del hambre y la desnutrición en amplias zonas de Asia, Africa y América latina, la generación de crecimiento económico sostenible basado en el conocimiento de los efectos de la intervención humana sobre el patrimonio de diversidad biológica y geoclimática existente, etc. son también palpable demostración de la importancia de las aplicaciones de esta área.

El cambio de paradigma en las Ciencias Moleculares de la Vida a partir de las aportaciones de la Biología Molecular de Sistemas basada en los estudios “ómicos” del genoma, transcriptoma, proteoma, localisoma, enzimoma, metaboloma, y fisioma van a permitir un manejo de las enfermedades de forma más personalizada y también preventiva y predictiva. Campos que hasta ahora parecían inabordables a la experimentación desde el punto de vista molecular, como por ejemplo, los mecanismos cognitivos y afectivos de la especie humana y de los animales, son retos seguramente alcanzables para el conocimiento científico en el siglo XXI. Sería excesiva la pretensión de que solamente la Bioquímica, la Biología Molecular y la Biotecnología serán responsables de los avances futuros en todos estos campos de la actividad humana. El papel de las Biociencias Moleculares y las aplicaciones biotecnológicas será el de enfocar el esfuerzo científico de muchas disciplinas en estas direcciones, con contribuciones procedentes de Matemáticas, Física, Química, Biología, Ecología, Ingeniería, etc.

Este panorama de logros y retos en los campos de Bioquímica, Biología Molecular y de la Biotecnología contrasta con la relativamente reciente implantación de estos estudios con rango universitario en España. Esta reciente implantación (Bioquímica como licenciatura de segundo ciclo, y Biotecnología como ciclo completo en pocas universidades en la actualidad) es fruto de muy diversas causas, entre las que destacan:

- El nombre propio del área científica (Bio-Química, Biología Molecular, Bio-Tecnología) que indica su carácter de ciencia frontera (punto de encuentro de dos o más ciencias) y la continua reivindicación de otros campos científicos sobre su predominancia tanto en las bases teóricas y experimentales como en las de aplicación práctica de este área.

- La falta de determinación de los profesionales que ejercen en este área por la implantación de la docencia de grado reglada está en parte justificada por su variada procedencia formativa (Física, Química, Biología, Medicina, Farmacia, Veterinaria, Informática, Ingeniería) y la presión de áreas bien establecidas que ven en el área de Bioquímica, Biología Molecular y Biotecnología solamente un competidor más.
- La inexistencia de un colegio profesional activo que defina y regule los usos y competencias de sus profesionales, limitándose su implantación social a las sociedades científicas creadas en torno a los docentes e investigadores del área de Bioquímica y Biología Molecular y Biotecnología.

Este carácter de profesión fronteriza, abierta a todos, y no reglamentista es también un patrimonio positivo a preservar hasta cierto punto, pero que ha podido contribuir a crear una percepción social y política de indefinición.

En este área de actividad docente e investigadora, como en otras, contribuyen a menoscabar su potencial docente, investigador, y de innovación y desarrollo, algunos de los males crónicos de la Universidad actual:

- La percepción de la existencia de una disociación entre las necesidades sociales y la enseñanza que se imparte en las Universidades, lo que es consecuencia del permanente debate, a menudo desenfocado, entre la formación universal generalista y la dirigida exclusivamente al ejercicio profesional
- El escaso aprecio y reconocimiento social, político y económico de la docencia y de la necesidad de su mejora a todos los niveles de la educación, incluido el nivel universitario.

El proceso de convergencia europea de los estudios universitarios para crear el espacio europeo de enseñanza superior (EEES) constituye un proceso armonizador para alcanzar una convergencia real y en cierta medida trata de solucionar algunos de los problemas existentes

- **Dotar de transparencia y objetividad a los títulos de grado y post-grado.** Hacer directamente legibles a las autoridades académicas y a los empleadores de cada país el contenido de las titulaciones de todos los países de la Unión Europea (UE), creándose el Suplemento Europeo al título de grado en el que habrá que especificar realmente los contenidos, las

competencias y el nivel de aprendizaje del graduado.

- **Crear un espacio único de docencia en toda la UE**, favoreciendo la **movilidad de los estudiantes**. Asignaturas cursadas en una Universidad distinta a la de origen se incluirán directamente en el expediente académico, sin necesidad de convalidar por asignaturas del plan de estudios propio.
- **Dotar de carácter generalista y profesionalizador a la formación** de grado y a la de postgrado, utilizando criterios homogéneos para asegurar la calidad de la enseñanza y del aprendizaje.
- **Cambiar el enfoque de la enseñanza por el profesor por el aprendizaje del alumno**. Esto supone dos cambios importantes en este proceso de armonización:
  - a) Un cambio en la orientación de la educación haciendo hincapié no en la enseñanza impartida sino en el aprendizaje por el alumno. Lo importante en el proceso de formación del estudiante es la adquisición de una serie de conocimientos (saber) y de competencias o habilidades (saber hacer) que le permitan aprender por sí mismo.
  - b) Este cambio de enfoque de la enseñanza al aprendizaje conlleva además un cambio en el cómputo de las horas de trabajo del estudiante. La nueva propuesta (ECTS, *European Credit Transfer System*) basa ese cómputo en las horas efectivas de actividad del estudiante. Un ECTS es equivalente a 25-30h de trabajo real del estudiante. Por tanto, para calcular el número de ECTS en cada asignatura se deberá tener en cuenta el tiempo que el estudiante emplea: en docencia presencial (teoría, problemas, prácticas, seminarios), trabajos tutelados, presentaciones y discusiones, tiempo de lectura y estudio, tiempo para preparación de exámenes, y el tiempo de examen.

Estas líneas maestras suponen un cambio notable en la docencia universitaria, y para muchos docentes universitarios del área de Bioquímica, Biología Molecular y Biotecnología no está plenamente justificado. El argumento esencial es que no está demostrado que los nuevos métodos docentes claramente más adecuados a la consecución de los fines del aprendizaje autónomo, supongan una mejora en la cualificación del graduado respecto a los métodos tradicionales. Esta visión se une a la dificultad de implantar el aprendizaje autónomo a los estudiantes desde el primer curso

en la Universidad por la falta de entrenamiento del estudiante (y del profesor) a esa metodología durante la enseñanza secundaria y el bachillerato. Por otro lado se percibe que las autoridades estatales y autonómicas presionan a favor del cambio para llegar a la convergencia en el 2010, pero con coste próximo a cero. Sin embargo, no se detecta que en paralelo se esté planteando una modificación en el cómputo de las horas de actividad docente del profesorado como consecuencia del nuevo cómputo horario de los estudiantes y los cambios que deberían producirse en la metodología docente, lo que podríamos llamar los ECTS del profesor. En definitiva, parece que es imposible conjugar los verbos enseñar, aprender, investigar, innovar y desarrollar en la Universidad española; dado que el pretérito no es perfecto, el presente es poco indicativo y el futuro condicional.

El grupo de Profesores de las Universidades participantes en la redacción de este Libro Blanco de Bioquímica y Biotecnología (cuyos nombres aparecen al final de este informe) nace del convencimiento y determinación de la necesidad de la implantación definitiva como grados de Bioquímica y de Biotecnología en España, como ya ocurre en casi todos los países de la UE. Este grupo deriva de la Conferencia de Coordinadores de Bioquímica integrada por los coordinadores de las Licenciaturas de Bioquímica de todas las universidades del estado, cuyas reuniones, al menos una vez al año durante el congreso anual de la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular, han servido de foro de debate y de actualización sobre la marcha de la Licenciatura de Bioquímica en el estado español. A estos profesores se unieron coordinadores de Biotecnología de cuatro Universidades públicas y todos ellos han constituido el grupo de trabajo que ha elaborado el presente Libro Blanco. Su contribución y su trabajo, no reconocido a nivel docente (igual carga lectiva durante el proceso de elaboración de este libro blanco), con menoscabo en algunos casos de su actividad investigadora y con el uso de muchas horas de descanso semanal y vacacional para realizar este trabajo han tratado de hacer lo que otros ya han hecho para sus titulaciones, y posiblemente con las mismas repercusiones personales. Deseamos agradecer a la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular, su disponibilidad y apoyo durante la gestación y desarrollo de este proyecto. Finalmente gracias a todos aquellos (incluidos los encuestados) que no formando parte del núcleo del proyecto han ayudado a la confección de este Libro Blanco. Esperamos que el lector



de este trabajo lo considere útil. Este proyecto no hubiera sido posible sin la ayuda económica de la ANECA.

Además del texto de este libro blanco que contiene algunos enlaces directos, se presentan cinco documentos adicionales que pueden ser de utilidad para las Universidades a la hora de confeccionar sus definitivos planes de estudio de grado de Bioquímica y Biotecnología y para implementar un sistema de acreditación dirigido a las competencias. Dos ficheros en formato Excel que contienen los datos de los estudios de grado y post-grado europeo que se han utilizado para la confección del resumen que se presenta en el apartado 1 de este libro blanco. Otros tres documentos adicionales: las directrices de la Biochemical Society y de la American Association of Biochemistry and Molecular Biology para el grado de Bioquímica y las recomendaciones de SOMUL (the Social and Organisational Mediation of University Learning) para definir y evaluar los niveles de competencias de las denominadas “Life Sciences”, entre las que se incluye Bioquímica y Biología Molecular y sus aplicaciones.

# **1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE BIOQUÍMICA Y BIOTECNOLOGÍA EN EUROPA**

La información que se presenta en este apartado ha sido recopilada de las páginas en Internet de Universidades y Administraciones Públicas Educativas disponibles a marzo de 2005 (además de algunas consultas puntuales a profesores de diferentes países europeos con quienes los miembros del equipo poseen relación personal). Algunos países o universidades están descritos con mayor profundidad que otros en función de los contenidos disponibles a consulta.

## **1.1 Análisis global de los estudios de grado y post-grado de Bioquímica y Biotecnología en la Unión Europea.**

En la tabla 1 (grado) y 2 (post-grado) se resumen los países estudiados, el número de universidades y de titulaciones analizadas, así como el número de ECTS promedio y el rango para las diferentes titulaciones de grado y post-grado. En estas tablas también se indican el número de titulaciones que exigen un proyecto fin de carrera para la obtención del título de grado y post-grado (Máster).

**Tabla 1. Resumen de las titulaciones de grado de Bioquímica y Biotecnología europeas analizadas**

	PAIS UE	Nº. Univ. analizadas	Nº. Titulaciones analizadas	Requieren proyecto para grado	Promedio ECTS	Intervalo ECTS
	Francia	11	19	8	180	180
	Bélgica	7	9	5	180	180
	Holanda	5	13		180	180
	Suecia	5	15	15	224	180-270
	Noruega	6	6	5	220	180-300
	Dinamarca	4	5	5	180	180
	Alemania	19	30	27	192	180-300
	Austria	3	3	2	180	180
	Suiza	4	4	1	180	180
	Reino Unido	7	80	73	180	180-240
	Irlanda	2	11	11	240	240
	Italia	8	18	18	180	180
	Portugal	10	10	9	240	240
<b>Totales</b>	<b>13</b>	<b>91</b>	<b>223</b>	<b>179</b>	<b>196,62</b>	

**Tabla 2. Resumen de las titulaciones de post-grado (Máster) de Bioquímica y Biotecnología europeas analizadas.**

	PAIS UE	Nº. Univ. analizadas	Nº. Titulaciones post-grado analizadas	Requieren proyecto para Máster	Intervalo ECTS
	Francia	8	27	27	120
	Bélgica	4	8	8	60-120
	Holanda	4	17	17	120
	Suecia	2	6	6	75-120
	Noruega	2	3	2	120
	Dinamarca	1	1	1	120
	Alemania	8	9	7	90-120
	Austria	3	3	2	180
	Suiza	4	4	1	180
	Reino Unido	10	25	22	1-2 años
	Irlanda	2	4	4	1-2 años
	Italia	7	26	26	60
	Portugal	7	10	5	1-2 años
<b>Totales</b>	<b>13</b>	<b>62</b>	<b>143</b>	<b>128</b>	

**Conclusiones del análisis global de las titulaciones de grado de Bioquímica y Biotecnología en la UE:**

1. Los títulos de grado de Bioquímica y de Biotecnología están implantados en todos los países europeos analizados (13). El curriculum formativo es mayoritariamente de 3 años, organizado en 6 semestres. También existen algunos casos con 4 años de duración.
2. Todos los países estudiados están ya aplicando (o tienen previsto hacerlo en el próximo curso 2005/06) el nuevo sistema ECTS en la organización de sus enseñanzas Universitarias. El curriculum formativo de grado da un promedio de 196 ECTS (rango 180-300 ECTS), siendo lo más habitual 180 ECTS completados en tres años.
3. La mayoría de las titulaciones (80%) analizadas requieren un proyecto fin de carrera para la obtención del grado en Bioquímica y/o Biotecnología

**Conclusiones del análisis global de las titulaciones de post-grado (Máster) de Bioquímica y Biotecnología en la UE:**

4. Los títulos de Máster de Bioquímica y de Biotecnología están implantados en todos los países europeos analizados (13). El curriculum formativo de post-

grado es mayoritariamente de 2 años, organizado en 4 semestres. También existen algunos casos con 1 o 3 años de duración.

5. Todos los países estudiados están ya aplicando (o tienen previsto hacerlo en el próximo curso 2005/06) el sistema ECTS en la organización de sus enseñanzas de post-grado. El curriculum formativo de post-grado da un promedio de 112 ECTS (rango 60-180 ECTS), siendo lo más habitual 120 ECTS completados en dos años.

6. La mayoría de las titulaciones analizadas (87%) requieren un proyecto de post-grado para la obtención del Máster en Bioquímica y/o Biotecnología

## **1.2. Análisis detallado del grado de Bioquímica y Biotecnología en cada uno de los países analizados.**

A continuación se presenta el estudio detallado de cada uno de los países europeos analizados tanto para el grado como posteriormente para el post-grado (Apartado 1.3). Las tablas resumen de cada país contienen el nombre de las Universidades, los nombres de las titulaciones de grado, el número de ECTS o de años requeridos para alcanzar la titulación, la necesidad o no del Proyecto fin de carrera (o proyecto de Máster para el post-grado, Apartado 1.3) y tipo de proyecto posible:: Investigación, Industria, Bibliográfico, Informático, o Todos, cuando todos los tipos de proyectos fin de carrera (o de Máster) son posibles. También se incluye información sobre los métodos docentes que se han analizado de forma global clasificándolos, cuando se disponía de la información, en los siguientes modos:

- Tradicional: Lección magistral, prácticas, problemas y seminarios.
- PBL: docencia basada en el uso de PBL (problem based learning).
- Web: docencia con utilización de la red como soporte para las actividades de estudiantes y profesores.
- Mixto: Uso de la metodología tradicional y de PBL.
- Todos: Cuando se usan los tres tipos básicos: tradicional, PBL y web. Con diferente grado de implantación dependiente del tipo de asignaturas.

Cuando no se ha conseguido información aparecerá reflejado en la tabla como N.A.

### 1.2.1.-Francia

#### Organización de la enseñanza superior en Francia

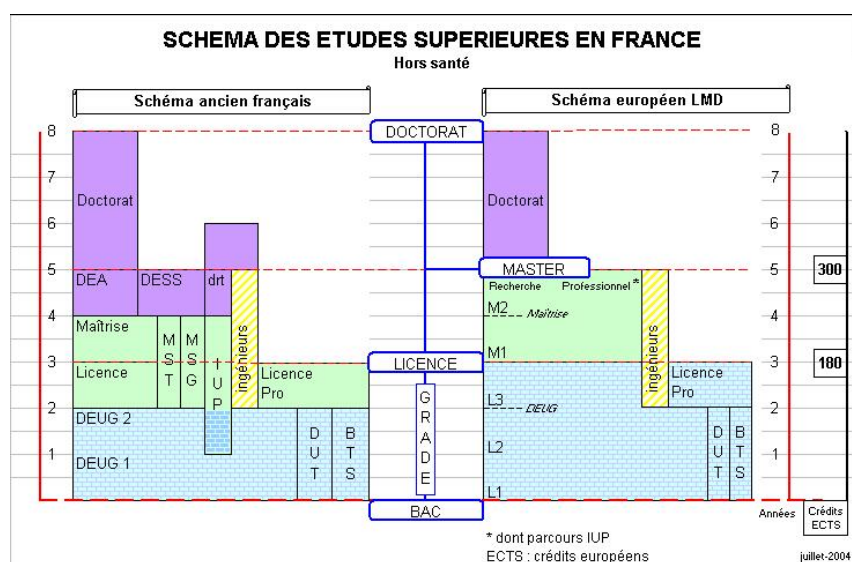
La transformación del sistema de enseñanza superior en Francia se inició en el curso académico 2003/04, estando implantado ya en el 60% de las Universidades, y tiene prevista su implantación total en el curso 2005/06. Dicha transformación, realizada de acuerdo con los objetivos y fundamentos del Espacio Europeo de Enseñanza Superior, ha supuesto un profundo cambio, tanto en el concepto de formación académica y profesional en el que se circunscriben las enseñanzas universitarias, como en la organización de las enseñanzas, así como en los Títulos otorgados por las Universidades, todo ello definido bajo el sistema **L-M-D** (Licence – Máster - Doctorat). *El sistema L-M-D (Licence – Máster - Doctorat)* <http://www.education.gouv.fr/sup/default.htm>. En el sistema L-M-D, se establece una organización de la formación en semestres y en Materias Troncales (**Unités d'Enseignement, Ud'E**), convertibles al sistema ECTS. Se define el concepto de Itinerario (Parcours) dentro de cada Título, como un conjunto coherente de Ud'E, definida por las Universidades, y que estará organizado sobre la base de progresiones pedagógicas adaptadas. También se establece un mínimo de 180 créditos de enseñanza para la adquisición del nivel de Licence, y de 300 créditos para la adquisición del grado de Máster. En todas las Universidades, 1 crédito corresponde entre 25-30 horas de trabajo bajo las diferentes modalidades de enseñanza: clases teóricas, clases de problemas, prácticas experimentales, estancias de formación, etc. Además, la aplicación del sistema LMD, presenta las siguientes características:

- a. La oferta de formación organizada por semestres debe permitir al estudiante elaborar progresivamente su proyecto de formación universitaria.
- b. Las Universidades serán las responsables de la definición y organización de la oferta de formación en los diferentes *Itinerarios (Parcours)*, que deberán ser sometidas a una Evaluación y Habilitación por parte del Ministerio para que puedan librar los Diplomas o Títulos propuestos.
- c. Las Ud'E estarán articuladas en coherencia con los objetivos de formación, y comprenderán Ud'E obligatorias, y optativas, incluyendo la enseñanza de lenguas vivas extranjeras y el manejo de útiles informáticos.
- d. Las Universidades deberán definir las reglas de progresión en cada itinerario así como los sistemas de compensación y las pasarelas entre los diferentes títulos

El conjunto de normativas creadas en Francia para la aplicación del sistema LMD se encuentra en

<http://www.education.gouv.fr/sup/lmd/presente/textes.htm>. La aplicación del **sistema LMD** en las Universidades francesas ha determinado los siguientes cambios:

1. Los cursos académicos se denominan L1, L2, L3 (grado) y M1, M2 (post-grado), se organizan por semestres, denominados S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9 y S10 (correspondiendo los semestres S1 y S2 al L1; S3 y S4 al L2, y así sucesivamente), se han establecido **dos periodos administrativos de matrícula y dos periodos de examen** para cada curso académico. La Figura 1 detalla la organización temporal de las enseñanzas universitarias en el sistema LMD y su comparación con el sistema antiguo en Francia



**Figura 1. Esquema de organización temporal del sistema LMD en Francia.** Tomado de la web.

2. Evaluación de la formación. Todas las Ud'E (Troncales) de cada semestre son evaluadas en el mismo periodo de exámenes. Las calificaciones de todas las Ud'E las establece un Tribunal formado por todos los profesores del semestre mediante, calificación ponderada y por consenso, a partir de las calificaciones obtenidas en los exámenes de las diferentes Ud'E. El estudiante deberá superar el semestre completo obteniendo una calificación global media superior a 5.0 (sistema español) a partir de las calificaciones individuales de las Ud'E, que en cualquier caso deberán ser superiores a 3,5 (en el sistema español). En caso contrario, el estudiante no supera dicho semestre. Al

finalizar el año académico correspondiente (L1, L2 o L3) se realiza una valoración global de los semestres implicados, pudiendo el estudiante compensar un semestre no superado con otro, y con objeto de obtener una calificación global del año académico. En caso de que la calificación del semestre no superado sea inferior a un límite establecido, el estudiante no superará definitivamente dicho semestre, estando obligado a repetir todas las Ud'E de dicho semestre en el curso académico siguiente. Para obtención del título de Licenciado o Máster es necesario haber superado todos los semestres.

3. Dentro del **sistema LMD** en Francia se definen los siguientes Títulos:

- **Licence general.** Acceso tras el Baccalaureat. Formación generalista de 3 años que da un Título que no sirve para nada en el mercado laboral.
- **Licence Professional.** Acceso tras el Baccalaureat. Formación especializada de 3 años, que otorga un Título con competencias profesionales. Existen un total de 1000 licenciaturas profesionales diferentes (<http://www.sup.adc.education.fr/lplst/>) en el conjunto de Universidades, agrupadas en 46 denominaciones nacionales (<http://www.sup.adc.education.fr/lplst/?dn>).
- **Máster Recherche.** Acceso tras Licence general. Formación generalista de 2 años, que habilita para poder hacer una tesis doctoral, pero no habilita para el desempeño de una profesión.
- **Máster Profesional.** Acceso tras Licence general. Formación especializada de 2 años, que habilita para el desempeño de una profesión.
- **Docteur.** Acceso tras el Máster Recherche, y permite a los estudiantes realizar tareas de investigación en centros públicos y privados.

### **Titulaciones de grado en Bioquímica y Biotecnología en Francia**

Existe una amplia diversidad en los “parcours” organizados por las diferentes Universidades para adquirir la Licence o el Máster en Bioquímica y/o Biotecnología. Con objeto de rentabilizar los esfuerzos formativos de los estudiantes, los diferentes Títulos universitarios (i.e generalista o profesional) dentro de una misma área (i.e. Bioquímica) han sido diseñados bajo el esquema Y, es decir, mantener un tronco común durante los 4 primeros semestres de la Licence (o 2 primeros del Máster), y establecer las diferencias formativas del título general o profesional en los dos últimos semestres del Título (S5 y S6, ó S9 y S10, respectivamente). Con objeto de favorecer la movilidad de los estudiantes entre las diferentes Universidades, incluso antes de la finalización de los estudios correspondientes a un determinado Título, se reconocen los estudios realizados por dicho estudiante al nivel del semestre que lleva superado. Esto implica que un estudiante que ha finalizado L2 en una Universidad, podrá continuar sus estudios



del mismo itinerario de L3 en otra Universidad, independientemente de la formación adquirida en la Universidad de origen.

La oferta de formación de todas las Universidades francesas se realiza en base a diferentes dominios de formación ([http://www.onisep.fr/national/atlas/html/atlas\\_sup/dom/cadredom.htm](http://www.onisep.fr/national/atlas/html/atlas_sup/dom/cadredom.htm)), quedando agrupadas las enseñanzas concernientes a Bioquímica y Biotecnología dentro del “domain Licence en Sciences et Technologies”. Dentro de este dominio se establecen diferentes subdominios (i.e. Chimie, Physique, , Biologie, etc) y para cada uno de los subdominios, se establecen los Títulos mencionados anteriormente, que son ofrecidos por las Universidades, previa habilitación por el Ministerio, dado su validez a nivel nacional. Las universidades y titulaciones analizadas en Francia se resumen en la siguiente tabla

UNIVERSIDAD	Titulaciones	ECTS grado	Tipo de Proyectos	año	ECTS	Docencia
<b>DE PROVENCE AIX-MARSEILLE I</b>	Biochimie	180	Investigación o industria	3	6	MIXTA
	* Biologie cellulaire	180	Investigación o industria	3	6	MIXTA
	* Biologie générale et sciences de la Terre et de l'Univers	180	Investigación o industria	3	6	MIXTA
	* Chimie et Biochimie	180	Investigación o industria	3	6	MIXTA
	* Physiologie et Génie Biologique	180	Investigación o industria	3	6	MIXTA
<b>UNIV DE LA MÉDITERRANÉE AIX-MARSEILLE II</b>	Biochimie	180	Investigación o industria	3	6	MIXTA
<b>BLAISE PASCAL CLERMONT-FERRAND II</b>						
	Biochimie..	180	Investigación o industria	3	6	MIXTA
	Chimie - Biologie	180	Investigación o industria	3	6	MIXTA
<b>"Victor Segalen" BORDEAUX II</b>	Biochimie..	180	Investigación o industria	3	6	TRADICIONAL
	Biologie et Biochimie	180	Investigación o	3	6	TRADICION

	Appliquées		industria			AL
<b>CLAUDE BERNARD LYON I</b>	Biochimie	180	Investigación o industria	3	6	MIXTA
<b>MONTPELLIER II</b>	Biochimie - Physiologie	180	Investigación o industria	3	6	TRADICION AL
	Biotechnologies et bio ressources	180	Investigación o industria	3	6	TRADICION AL
<b>DE NANTES</b>	Biochimie-Biologie Moléculaire	180	Investigación o industria	3	6	MIXTA
<b>D'ORLÉANS</b>	Biologie et chimie du végétal	180	Investigación o industria	3	6	TRADICION AL
	Biochimie, biologie moléculaire et biotechnologies	180	Investigación o industria	3	6	TRADICION AL
<b>PIERRE ET MARIE CURIE : PARIS VI</b>	Sciences de la Vie	180	Investigación o industria	3	6	TRADICION AL
<b>PARIS-NORD : PARIS XIII</b>	Sciences de la Vie	180	Investigación o industria	3	6	TRADICION AL
<b>RENNES I</b>	Biochimie	180	Investigación o industria	3	6	TRADICION AL

### 1.2.2. Bélgica

#### Organización de la enseñanza superior en Bélgica

Desde septiembre de 2004 en Bélgica se ha iniciado la implantación de los nuevos planes de estudio en el contexto del espacio europeo. El Parlamento de la Comunidad francesa aprobó el proyecto de decreto presentado por el Ministro François Dupuis el 23 de marzo de 2004 ([http://www.francoisedupuis.be/code/fr/quoi\\_bolo.asp](http://www.francoisedupuis.be/code/fr/quoi_bolo.asp), <http://www.toutsurbologne.be/home.asp>). Este decreto define la Enseñanza Superior en la comunidad francófona y favorece su integración en el espacio europeo de educación superior. Los grandes ejes de este decreto son:

- Integración de todos los tipos de enseñanza: el mismo sistema se aplicará a toda la enseñanza superior, universidades, *haute écoles*, escuelas superiores de las artes e institutos superiores de arquitectura.
- Redefinición de algunos términos técnicos, como los grados. El término *licence* desaparecerá completamente. En adelante se hablará de cursos de postgrado para referirse a todos los segundos ciclos.
- Confirmación de la utilización del sistema ECTS. El año de estudio sigue siendo la referencia y corresponde a 60 ECTS

El sistema educativo superior en Bélgica consta de tres ciclos:

1. Primer ciclo que conduce a la obtención de un Bachelor de 3 años (180 créditos ECTS)

2. Segundo ciclo Máster de 60-120 créditos ECTS
3. Tercer ciclo o doctorado

La reforma se irá implantando progresivamente y se establecen las siguientes definiciones:

**Crédito.** Los programas de estudio se presentarán en créditos ECTS, lo que incluye no sólo las horas de curso, sino también las actividades de aprendizaje práctico y el tiempo de trabajo personal del alumnado. Se conviene que un año de estudios implicará 60 créditos. Un crédito equivale a 24 horas de actividades de aprendizaje, un año son 60 créditos

**Bachelor professional, *Le baccalauréat professionnalisant.*** Organizado en la “Alta Escuela” o en una “Escuela Superior de las Artes”, corresponde a la enseñanza superior de 3 años (180 créditos) o 4 años (240 créditos). El título lleva al ejercicio de una profesión; pero permite también, gracias a un sistema de pasarelas, la continuación de los estudios.

**Bachelor de transición, *Le baccalauréat de transition.*** Se trata del primer ciclo en 3 años (180 créditos) que da acceso directamente a cursos de posgrado. Sustituye a los actuales estudios de *candidats*.

Se establece la siguiente organización de titulaciones (ver Figura 2):

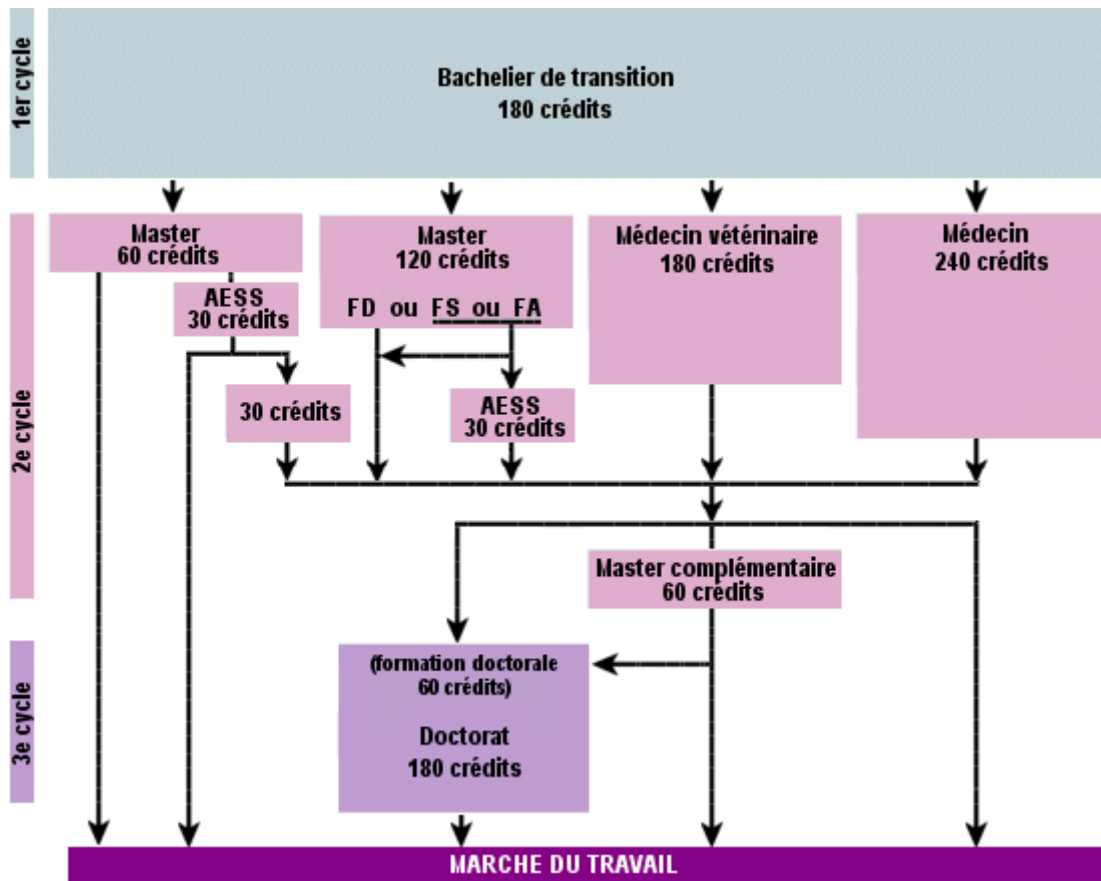


Figura 2. Esquema de la organización de grado y post-gradado en Bélgica. Tomado de la Web.

**1<sup>er</sup> ciclo o Bachelor.** El grado académico de Bachelor sanciona estudios de 1er ciclo completo de al menos de 180 ECTS, lo que representa un mínimo de 3 años de estudios.

**2<sup>o</sup> ciclo o Máster.** Los estudios de segundo ciclo corresponden al grado académico de curso de posgrado o Máster, con una duración de 60 ó 120 créditos después de una formación de 1er ciclo. Se organizan cursos de posgrado de 60 créditos solamente para las titulaciones que antiguamente eran de 4 años. Después de un curso de posgrado organizado en 60 créditos, el estudiante puede:

- acceder directamente al mercado laboral
- seguir un módulo de 30 créditos, si su profesión escogida es la enseñanza.
- seguir un postgrado que le permitiría comenzar estudios de 3er ciclo, o bien dirigirse hacia un curso de posgrado complementario. 30 de los 60 créditos del segundo año de curso de posgrado deben ser específicos.

Se distinguen tres orientaciones en estos estudios:

- *Didáctica.* Incluye la formación pedagógica que prepara para la enseñanza en secundaria. AESS (Agregación de la Enseñanza Secundaria Superior, con 30 créditos).

- *Profunda*. Prepara a la investigación científica. Incluye a la vez enseñanzas en una disciplina particular y una formación general para la profesión de investigador.
- *Especializada*. Prepara para una especialización profesional en una disciplina particular.

Después del curso de postgrado de 2 años, los estudiantes que hayan elegido la opción profunda o la especializada, si quieren dedicarse a la enseñanza, podrán seguir el AEES.

### Titulaciones de grado en Bioquímica y Biotecnología en Bélgica

En Bélgica podemos encontrar diferentes estudios relacionados con la Bioquímica y la Biotecnología. En todos los casos son grados de tres años de 180 ECTS. Destaca el Bachelor en Bioquímica y Biotecnología de la Universidad de Ghent. Las universidades y titulaciones de Bélgica analizadas ese resumen en la siguiente tabla.

UNIVERSIDAD	Titulaciones	ECTS grado	Tipo de Proyectos	año	EC TS	Docencia
University of Ghent	<a href="#">Biochemistry and Biotechnology</a>	180	Investigación	Y3	5	MIXTA
	<a href="#">Biomedical Sciences</a>	180	Bibliografico, etc	Y3	5	MIXTA
Limburg Universitair Centrum	<a href="#">Biomedical Sciences</a>	180	NO			MIXTA
Université Catholique de Louvain	<a href="#">Sciences biomédicales</a>	180	NO	N.A.		MIXTA
Université Libre de Bruxelles	<a href="#">Bachelier en sciences de l'ingénieur, orientation bioingénier</a>	180	Investigación	Y2+Y3	4+5	MIXTA
Université de Liège	<a href="#">Licencié en sciences biochimiques</a>	180	NO			MIXTA
Université de Mons-Hainaut	<a href="#">Sciences biomédicales</a>	180	NO			MIXTA
Vrije Universiteit Brussel	<a href="#">Bio-ingenieurswetenschappen</a>	180	Investigación			MIXTA
	<a href="#">Biomedische wetenschappen</a>	180	Bibliográfico, etc	Y3	4	MIXTA

### 1.2.3. Holanda

#### Organización de la enseñanza superior en Holanda

La educación superior en Holanda se basa en un sistema de tres ciclos, implantado oficialmente en el año académico 2002-2003: “bachelor”, “Máster” y “PhD”. También se adoptó el sistema de créditos ECTS, un ECTS equivale a 28 horas de trabajo y un año completo de estudios se cubre con 60 créditos y 2 semestres. Hasta el año 2002, los dos primeros ciclos de encontraban combinados en forma de un solo ciclo, y este sistema aún se encuentra operativo, debiendo finalizar para el curso 2007-2008. Para consultar la organización de la enseñanza superior en Holanda se puede consultar en: [The Dutch education system \(http://www.nuffic.nl/pdf/dc/esnl.pdf\)](http://www.nuffic.nl/pdf/dc/esnl.pdf), [Higher education in the Netherlands: the bachelor's Máster's structure \(http://www.nuffic.nl/pdf/service/factsh/he-bama.pdf\)](http://www.nuffic.nl/pdf/service/factsh/he-bama.pdf), <http://www.studyin.nl> , <http://www.ib-groep.nl/>.

El sistema de educación superior holandés implica la existencia de dos tipos de programas educativos fundamentales: los orientados a la investigación (*Wetenschappelijk Onderwijs*, WO), ofertados por las denominadas “universidades de investigación” (*Universiteiten*); y los orientados hacia la educación superior profesional (*Hoger Beroepsonderwijs*, HBO), ofertados por las “universidades de educación profesional” (*Hogescholen*) y especializadas en campos específicos. Además, existen las denominadas “universidades para la educación internacional” (*Internationaal Onderwijs*, IO), que ofrecen enseñanza destinada, inicialmente, a estudiantes provenientes de países en desarrollo que precisan de conocimientos especializados. Los cursos son en inglés, y ofrecen una gran variedad de temas dirigidos hacia la investigación o hacia la formación aplicada. Los programas tienen una duración variada (desde unas pocas semanas a dos años) y no ofrecen la posibilidad de hacer el doctorado (con la excepción del Institute of Social Studies en La Haya), aunque tienen acuerdos con otras universidades para disponer de esta posibilidad.

Un programa de “Bachelor WO” se cubre con 180 créditos (3 años) de estudios y el estudiante obtiene el grado de “Bachelor of Arts” o “Bachelor of Science” (BA/BSc) dependiendo de la disciplina seleccionada. Un programa de “Bachelor HBO” implica 240 créditos (4 años) y los graduados consiguen un grado que indica el estudio realizado, tal como “Bachelor of Engineering”. En el sistema antiguo, estas titulaciones

se podían denominar como “*bc.*” (para Bachelor WO) o “*ing.*” (para Bachelor HBO), nombres que aún se utilizan.

Las distintas instituciones de educación superior holandesas tienen sus propias reglas para admitir estudiantes. Por ello, se aconseja contactar con la institución elegida. En la dirección [www.studying.nl](http://www.studying.nl) se dispone de información sobre ello. En general, para acceder a los programas de “Bachelor WO”, los estudiantes deben poseer un “diploma VWO” o haber completado el primer año (60 créditos) de un programa HBO. Por su parte, el requisito mínimo para acceder a un HBO consiste en disponer de un “diploma HAVO”, haber completado un “diploma MBO” de nivel 4, o disponer de un “diploma VWO”.

Adicionalmente, para acceder a cualquiera de los dos tipos de educación (WO o HBO), los estudiantes deben haber completado un conjunto de materias que cumplan los requisitos del programa para el que se quieren matricular. Para ciertos tipos de programas existe también un *numerus clausus*, y las plazas se adjudican en función de un sorteo en función de méritos (*weighted lottery*). Existe la posibilidad de solicitar la inscripción en cualquier programa de educación superior para estudiantes mayores de 21 años que no posean las cualificaciones mencionadas, siempre que superen unos exámenes de entrada.

### **Titulaciones de grado en Bioquímica y Biotecnología en Holanda**

Es difícil, para alguien que no entiende el holandés, encontrar la información específica respecto a Bioquímica-Biotecnología en lo que respecta al nivel de programas de Bachelor. En algunos casos, pocos, la información está en inglés, pero es una información genérica, no detallada. Los programas de Bachelor (BSc) que implican Bioquímica/Biotecnología son: Chemistry, Molecular Life Sciences, Life Science & Technology, (Bio) Chemical Engineering y Biotechnology

#### **1.2.4 Suecia**

##### **Organización de la enseñanza superior en Suecia**

Suecia tiene un sistema universitario con una estructura particular aunque se está planteando de forma seria adaptar el sistema del EEES. La educación superior en Suecia está centrada en las asignaturas (courses) que en muchos casos están asociadas

constituyendo programas concretos con grados variables de libertad de elección. Por ello, la entrada al sistema universitario no se hace a partir de carreras como elemento nucleador si no a partir de asignaturas, que, combinadas de determinadas formas conducirían a la especialización en determinadas áreas. También es cierto que el grado de libertad de elección está parcialmente condicionado, especialmente en carreras científico-técnicas.

El sistema de créditos sueco se basa en los poäng (puntos) donde una semana de estudio a tiempo completo equivale a un crédito (poäng). Un año académico consta de unos 40 créditos. Un crédito sueco equivale a 1.5 ECTS, por lo tanto un año académico a tiempo completo equivale a unos 60 ECTS.

Las competencias de homologación de títulos están en manos del gobierno que determina también los objetivos y competencias asociados a cada título. Los títulos se dividen en títulos generales y títulos profesionales. En los títulos generales el grado de libertad de elección de asignaturas es mayor que en los títulos profesionales. Existen al rededor de 50 títulos profesionales en los campos de la ingeniería, salud, agricultura, humanidades, etc.

### **Estructura de títulos en Suecia**

**Högskoleexamen:** (University Diploma) expedido después de completar satisfactoriamente al menos 80 Sw (120 ECTS) a lo largo de dos años.

**Kandidatexamen:** (Bachelor of) expedido después de completar satisfactoriamente al menos 120 Sw (180 ECTS) a lo largo de tres años. Se exigen un mínimo de 90 ECTS en las asignaturas específicas y especializadas, y la realización de una pequeña tesis con un mínimo de 15 ECTS.

**Magisterexamen:** (Máster of) Hay dos tipos de Máster:

- El Máster generalista. Para obtener el título, el estudiante deberá haber obtenido un total de 180 ECTS, de los cuales 60 tienen que ser de especialización de acuerdo con los programas homologados por la propia universidad, y 15 ECTS tienen que ser completados en el marco de un proyecto independiente.
- El Máster especializado. Se requieren un mínimo de 240 ECTS de los cuales 120 ECTS tienen que ser de especialización y 30 tienen que ser completados en el marco de un proyecto independiente ( o dos proyectos de 15 ECTS)

Tanto los títulos de Bachelor como el de Máster permiten el acceso a los estudios de doctorado. Es importante clarificar que los títulos de Máster se obtienen en programas de 4-5 años durante los cuales el estudiante va acumulando puntos a través de un



itinerario curricular que le permite también optar a los títulos intermedios. Es decir, el título de Máster equivaldría a una licenciatura o ingeniería en el sistema español, con la diferencia que a medida que se completan una serie de créditos el estudiante puede salir del sistema con títulos intermedios.

### **Titulaciones de grado en Bioquímica y Biotecnología en Suecia**

Se han analizado las tres universidades más importantes del país (ver la siguiente tabla) para determinar la tipología de los títulos del área Bioquímica / Biotecnología a partir de la cual se puede apreciar la variedad de denominaciones y la duración de los estudios.

<b>Universidad</b>	<b>Titulaciones</b>	<b>años</b>	<b>ECTS</b>
Universidad de Lund	Biología Molecular	3	180
	Química/Biología Molecular	3	180
Universidad de Gotenburgo	Tecnología Analítica en Biomedicina	3	180
	Biología Molecular	3	180
	Biología Molecular	3	180
Universidad de Uppsala	Tecnología Analítica en Biomedicina	3	180
	Bioinformática	5	270
	Biotecnología Molecular	5	270

## 1.2.5 Noruega

### Organización de la enseñanza superior en Noruega

El sistema universitario noruego ha sido hasta hace uno o dos años muy parecido al sistema sueco, muy centrado en las asignaturas o cursos, más que en las carreras aunque naturalmente para obtener un título determinado se exigieran un número mínimo de créditos en una determinada especialización. Sin embargo, las universidades noruegas han apostado fuerte por el sistema de armonización europeo. Se comentan dos casos a modo de ejemplo

Estructura de títulos de la universidad de Oslo: La universidad de Oslo ha implantado un nuevo modelo en la estructura de títulos., consiste en un Grado de Bachelor (3 años), un Grado de Máster (2 años) y un PhD (3 años). En algunas pocas áreas los estudiantes estarán obligados a cursar un Máster integrado de 5 años. A demás la Universidad de Oslo ofrece algunos Máster de un año de duración.

Estructura de títulos de la universidad de la Universidad Técnica y de Ciencias Naturales de Noruega (NTU). La NTU ofrece programas de Bachelor de 3 años y programas de Máster de 5 años (Programa integrado de 5 años o bachelor de 3 años más 2 años de Máster). Todos los programas de Bachelor son de 180 ECTS, y los Máster de 300 ECTS. La NTU ha adoptado tanto el sistema de créditos ECTS como el sistema de evaluación con las letras A a F, donde A es la máxima puntuación y E es la mínima siendo F el suspenso.

### Titulaciones de grado en Bioquímica y Biotecnología en Noruega

Se han analizado dos universidades muy representativas del país (ver siguiente tabla) donde se imparten titulaciones del área Bioquímica / Biotecnología y dos de las escuelas politécnicas donde también se imparten conocimientos de este área.

Universidad	Titulaciones	años	ECTS
Universidad de Oslo	Biología Molecular y Bioquímica <sup>1</sup>	3	180
Universidad de Bergen	Biología Molecular	3	180

(1) En el marco de este título general el estudiante tiene que escoger una de las siguientes opciones en el Bachelor: Bioquímica, Química o Biología Molecular.

## 1.2.6 Dinamarca

### Organización de la enseñanza superior en Dinamarca

El sistema universitario danés tiene una estructura similar al anglosajón. Los estudios de Bachelor tienen una duración 3 años (180 ECTS), los de Máster 2 años (120 ECTS) y los estudios de doctorado se prolongan durante 3 años más. Al final de cada ciclo para obtener la titulación se ha de realizar un proyecto o la defensa de un trabajo.

### Titulaciones de grado en Bioquímica y Biotecnología en Dinamarca

En Dinamarca se imparten diversas titulaciones relacionadas con la Bioquímica, Biología Molecular y Biotecnología. En la Universidad de Copenhague, quizás la más representativa, se imparten estudios de Bachelor y Máster en Bioquímica con una orientación hacia Biología Molecular y con una sólida formación en Química.

En la Syddansk Univesitet (Odense) se imparten dos titulaciones de Bachelor la de Bioquímica y Biología Molecular y la de Biomedicina, mientras que en la Aarhus se imparte la de Biología Molecular. Cabe destacar que el único centro donde se realizan estudios relacionados con la Biotecnología es en la Universidad de Frederiksberg.

En todas estas universidades los estudiantes pueden elegir el lugar de realización del proyecto de Máster ya sea en la propia Facultad, o en otra, o en laboratorios fuera de la Universidad bajo la supervisión de un Tutor.

UNIVERSIDAD	Titulaciones	Años/EC TS	Tipo de Proyectos	Método docente
<u>Aarhus Universitet</u>	Molekylærbiologi <sup>(1)</sup>	180	Todos	N. A.
<u>Kobenhavns Universitet</u>	Biokemi <sup>(2)</sup>	180	Investigación	N. A.
<u>Royal Veterinary and agric.Univ.Frederiksberg</u>	Biologi-bioteknologi	180	Todos	MIXTA
<u>Syddansk Univesitet, Odense<sup>(3)</sup></u>	Biokemi og molekylær biologi	180	Investigación	N. A.
	Biomedicin	180	Investigación	N. A.

(1) Los estudios de bachelor en Biología Molecular se configuran en cuatro especialidades: Molekylærbiologi-humanbiologi, Molekylærbiologi-biokemi, Molekylærbiologi-bioteknologi, Molekylærbiologi-bioteknologi med erhvervsøkonomi

(3) Los tres primeros semestres son comunes para los dos Bachelors

## 1.2.7 Alemania

### Organización de la enseñanza superior en Alemania

En Alemania coexisten actualmente dos sistemas de organización académica. El sistema clásico y el nuevo sistema de convergencia europea basado en un título de grado y un título de Máster.

El sistema clásico alemán se estructura en dos grandes bloques:

- *Las carreras de ciclo largo* que conducen a la obtención del título de “Diplom” o al de “Magister Artium”. Estas carreras tienen una duración oficial de ocho semestres aunque en la mayoría de casos el tiempo de permanencia es superior. No existe la posibilidad de acceder a un título intermedio que permita el desarrollo de la actividad profesional. Para el desarrollo de ciertas actividades profesionales como la farmacia, la medicina, la abogacía se exige un examen de grado. Se imparten en las universidades y universidades politécnicas.
- *Las carreras de ciclo corto* impartidas en las escuelas politécnicas que conducen a la obtención del título “Diplom (FH)”. Estas carreras tienen una duración de seis semestres.

Desde hace unos años se empezó a implantar de forma paulatina el nuevo sistema basado en un título de grado obtenido a lo largo de un período de seis semestres, y un título de Máster con una duración de 3 a cuatro semestres. Durante el curso 2004-05 las universidades alemanas han ofertado ya unos 1447 títulos de grado (Bachelor) y unos 1345 títulos de Máster, con lo que se constata el éxito de la propuesta europea en la ordenación de la estructura académica alemana.

### Titulaciones de grado en Bioquímica y Biotecnología en Alemania

Se han analizado todas las universidades y escuelas politécnicas (ver siguiente tabla) que imparten conocimientos en el área de Bioquímica / Biotecnología de los länder más poblados: Baden-Wutenberg, Renania del norte-Westfalia, Bavaria, Baja Sajonia, Berlin, Hessen.

Universidad	Titulaciones	Años/ ECTS	Tipo de Proyectos	Método docente
<a href="#">Universidad de Ulm</a>	<a href="#">Bioquímica</a>	3	Industria	TODOS
<a href="#">Escuela Politécnica de Mannheim</a>	<a href="#">Biotecnología</a>	3,5	Investigación, Industria	TODOS
	<a href="#">Bioquímica</a>	4	Investigación, Industria	TODOS
<a href="#">Escuela Politécnica de Furtwangen</a>	<a href="#">Biotecnología</a>	3,5	Investigación, Industria	TODOS
<a href="#">Universidad de Heidelberg</a>	<a href="#">Biotecnología Molecular</a>	3	Investigación	TODOS
<a href="#">Universidad Politécnica de Munic</a>	<a href="#">Bioquímica</a>	173	Investigación, Industria	TODOS
	<a href="#">Bioinformática</a>	168	Investigación, Industria	TODOS
	<a href="#">Biotecnología Molecular</a>	180	Investigación, Industria	TODOS
<a href="#">Universidad de Munich</a>	<a href="#">Bioquímica</a>	3	Ninguno	TODOS
<a href="#">Escuela Politécnica de Munic</a>	<a href="#">Bioingeniería</a>	3,5	Industria	TODOS
<a href="#">Universidad Libre de Berlín</a>	<a href="#">Bioquímica</a>	3	Investigación	TODOS
	<a href="#">Bioinformática</a>	3	Investigación	TODOS
<a href="#">Universidad de Bochum</a>	<a href="#">Bioquímica</a>	3	Investigación	TODOS
<a href="#">Universidad de Bielefeld</a>	<a href="#">Bioquímica</a>	3	Investigación	TODOS
	<a href="#">Bioinformática y genómica</a>	3	Bibliográfico, etc	TODOS
	<a href="#">Biotecnología Molecular</a>	3	Investigación	TODOS
<a href="#">Universidad Heinrich-Heine de Düsseldorf</a>	<a href="#">Bioquímica</a>	3	Bibliográfico, etc	TODOS
<a href="#">Escuela Politécnica de Gelsenkirchen</a>	<a href="#">Biología Molecular</a>	3	Investigación	TODOS
<a href="#">Escuela Politécnica de Lippe y Höxter</a>	<a href="#">Biotecnología</a>	3	Investigación	TODOS
<a href="#">Universidad Politécnica de Aachen</a>	<a href="#">Biotecnología</a>	3	Investigación	TODOS
<a href="#">Universidad de Dortmund</a>	<a href="#">Bioquímica</a>	3	Ninguno	TODOS
	<a href="#">Bioingeniería</a>	4,5	Industria	TODOS
<a href="#">Universidad de Hannover</a>	<a href="#">Bioquímica</a>	5	Investigación	TODOS
	<a href="#">Biotecnología vegetal</a>	3	TODOS	TODOS
<a href="#">Universidad de Osnabrück</a>	<a href="#">Biología celular</a>	3	Ninguno	TODOS
<a href="#">Universidad Politécnica Carolo-Wilhelmina de Braunschweig</a>	<a href="#">Biotecnología</a>	5	Investigación, Industria	TODOS
	<a href="#">Ingeniería de bioproceso</a>	5	Investigación	TODOS
<a href="#">Escuela Politécnica de Frankfurt am Main</a>	<a href="#">Ingeniería de bioproceso</a>	3	Investigación	TODOS

## 1.2.8 Austria

### Organización de la enseñanza superior en Austria

La Ley Federal Austriaca de Universidades del 2002 (Universitätsgesetz, 2002) establece que los nuevos estudios superiores se organizan en programas de Bachelor con una carga de 180 ECTS y de Máster de 120 ECTS. El sistema Universitario austriaco se está adaptando al proceso de Convergencia Europea como puede verse en los documentos publicados en la página Web, [http://www.bmbwk.gv.at/europa/bp/bericht\\_04.xml](http://www.bmbwk.gv.at/europa/bp/bericht_04.xml)

### Titulaciones de grado en Bioquímica y Biotecnología en Austria

Existen tres Universidades que imparten estudios relacionados con la Bioquímica y la Biotecnología. La Universidad de Salzburg conjuntamente con la Technisch-Naturwissenschaftlich imparte un programa de Bachelor en Biología Molecular en el que el estudiante ha de realizar obligatoriamente un proyecto final ya sea de investigación o en una industria. En Viena, la Facultad de Medicina Veterinaria (Veterinärenmedecinische Universität) imparte estudios de Biomedicina y Biotecnología (180 ECTS) y de forma análoga a la Universidad de Salzburg los estudiantes han de realizar un proyecto final de investigación o empresarial. La Universidad de Recursos Naturales y Ciencias de la Vida Aplicadas (Universität für Bodenkultur, BOKU), Viena tiene programado unos estudios de Bachelor en Alimentos y Biotecnología (180 ECTS) que pueden completarse con un Máster en Biotecnología de 120 créditos ECTS. Las universidades y titulaciones de Austria analizadas se resumen en la siguiente tabla.

UNIVERSIDAD	Titulaciones	Años/ECTS	Tipo de Proyectos	Método docente
<a href="#">Universität Salzburg<sup>(1)</sup></a>	Molekularen Biologie	180	Investigación o Industria	MIXTO
<a href="#">Veterinärenmedecinische Universität Wien</a>	Biomedizin und Biotechnologie	180	Investigación o Industria <sup>(2)</sup>	MIXTO
<a href="#">Universität für Bodenkultur Wien</a>	Lebensmittel-und Biotechnologie	180	Ninguno	MIXTO

(1) conjuntamente con Technisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Univesität Linz

(2) Después del periodo de colaboración el estudiante ha de escribir y defender una memoria resumen del trabajo realizado.

## 1.2.9 Suiza

### Organización de la enseñanza superior en Suiza

El sistema universitario suizo se está adaptando al proceso de convergencia europeo, de manera que los estudios de “diplome” y de “licence” están siendo reemplazados por los estudios de Bachelor (180 ECTS) y de Máster de 90 a 120 ECTS según las directrices de la Conferencia de Rectores de las Universidades Suizas (Diciembre del 2003), ver

<http://www.crus.ch/docs/lehre/bologna/schweiz/richtlinien/DirectivesBologne.pdf>

### Titulaciones de grado en Bioquímica y Biotecnología en Suiza

Los estudios de Bioquímica se imparten por el momento en sistema ECTS en las universidades de Freiburg, Bern y Genève. En la Universidad de Zürich los estudios tienen también una duración de tres años, de los que los dos primeros son generales de Química y Bioquímica y el tercero es de especialización en Bioquímica, aunque todavía no se rige por el sistema de créditos ECTS.

Destacar que en la universidad de Bern los estudios de Bachelor son de Bioquímica y Biología Molecular, mientras que en los otros centros son exclusivamente de Bioquímica. En ningún caso se ha detectado estudios de Biotecnología como titulación. Las universidades y titulaciones de Suiza analizadas se resumen en la siguiente tabla.

UNIVERSIDAD	Titulaciones	Años/ECTS	Proyecto	Método docente
<a href="#">Universität Freiburg</a>	Biochimie	180	Ninguno	MIXTO
<a href="#">Universität Bern</a>	Biochemie und Molekularbiologie	180	Ninguno	MIXTO
<a href="#">Université de Genève</a>	Biochemie	180	Investigación Industria	MIXTO
<a href="#">Universität Zürich</a>	Biochemie	3/no ECTS	Ninguno	MIXTO

### **1.2.10 Reino Unido**

#### **Organización de la enseñanza superior en Reino Unido.**

Los diferentes programas de Educación Superior existentes en el Reino Unido se pueden encontrar en la página de la University and Colleges Admission Centre, <http://search.ucas.co.uk/cs2002/cs.html>. La estructura tradicional en dos ciclos (“undergraduate” y “graduate”) con un primer ciclo de tres años (grado de Bachelor) existía ya y es totalmente compatible con la convergencia al EEES. En el Reino Unido los títulos de grado se presentan en dos formatos: “single-subject” (BSc); o bien “two-subjects, “joint honours BSc” (Física, Química, Bioquímica y otra materia, la cual puede ser: Computing, Business Studies, una lengua moderna, etc)

#### **Titulaciones de grado en Bioquímica y Biotecnología en Reino Unido.**

La información recogida sobre el Reino Unido proviene de las páginas en Internet de las universidades y de la UK Biochemical Society. Los datos recogidos son del curso 2004-2005. Ha sido de gran ayuda el estudio (2004), sobre *Biochemistry as a first-degree subject in the UK. An overview on learning and teaching issues in biochemistry* ([http://www.open.ac.uk/cheri/pdfs/somul\\_biosciences\\_overviewrept.pdf](http://www.open.ac.uk/cheri/pdfs/somul_biosciences_overviewrept.pdf)). Este estudio se enmarca dentro de los proyectos de “The Social and Organisational Mediation of University Learning (SOMUL)” (<http://www.open.ac.uk/cheri/SOMULaim.htm>). Todas las universidades consultadas (ver Tabla I) tenían al menos una titulación de grado en Bioquímica y la mayoría poseían también Biotecnología.

***Acceso a las titulaciones de Bioquímica y Biotecnología en Reino Unido.*** Muchas universidades requieren el nivel “A” en Química y Biología, y a menudo se exige también otra asignatura de ciencias con “A” o “B” en las calificaciones del bachillerato para entrar a Bioquímica y a Biotecnología en la modalidad “single”. En las titulaciones “joint” (por ejemplo: Biotecnología con lengua moderna o Bioquímica con fisiología) el nivel de exigencia es algo menor, especialmente respecto a la química. Cuando el nivel de los estudiantes que comparten una clase de Bioquímica no es homogéneo, algunas universidades proponen aprendizaje adicional tutorizado y contabilizan los créditos de este aprendizaje como optativos.



***Duración de los estudios de grado en Reino Unido.*** En Inglaterra y Gales los estudios de grado (Bachelors BSc) en Bioquímica y en Biotecnología generalmente son de 3 años (con alguna excepción significativa, como Oxford que es de cuatro) mientras que en Escocia e Irlanda del Norte son generalmente de cuatro. En Escocia e Irlanda del Norte se considera que el nivel alcanzado en ciencia básica durante la enseñanza secundaria no es suficiente para abordar la titulación, y dedican un año entero a la ciencia básica convirtiéndose en titulaciones de cuatro años. Por el contrario, en Inglaterra y Gales se asume un nivel suficiente en secundaria y se incluye más o menos ciencia básica en algunas asignaturas del primer año. La conversión de los créditos UK a ECTS resulta fácil, puesto que 3 años a tiempo completo da un contenido equivalente a 180 ECTS (y 4 a 240). Algunas universidades ofrecen la posibilidad de estudios a tiempo parcial por lo que los créditos correspondientes a tres años se extienden a cuatro. En algunas universidades inglesas existe la opción de cursar un **cuarto año de prácticas en industria** (menos frecuente en centros de investigación), y casi siempre este cuarto año queda reflejado en el nombre del título de grado (BSc) como: *with Industrial experience* o *with placement*, por ejemplo *Biochemistry /Biotechnology with Industrial Experience*, en la Universidad de Manchester, o *Biochemistry International*, en la Universidad de Leeds, donde la etiqueta *International* indica un cuarto año en empresa o universidad fuera del Reino Unido. La posibilidad de cursar este cuarto año está generalmente restringida a los estudiantes con un buen rendimiento en el segundo curso.

Existen otros modelos en algunas universidades donde un cuarto año proporciona una titulación de nivel de **Máster** en lugar de Bachelor. The University College London ofrece titulaciones de *Biochemical Engineering* de cuatro años de duración, con titulación final de Máster, pero las incluyen dentro del catálogo de bachelor debido a que existe la posibilidad de obtener el título de Bachelor después del tercer año, aunque esta opción de tres años está explícitamente desaconsejada por la universidad.

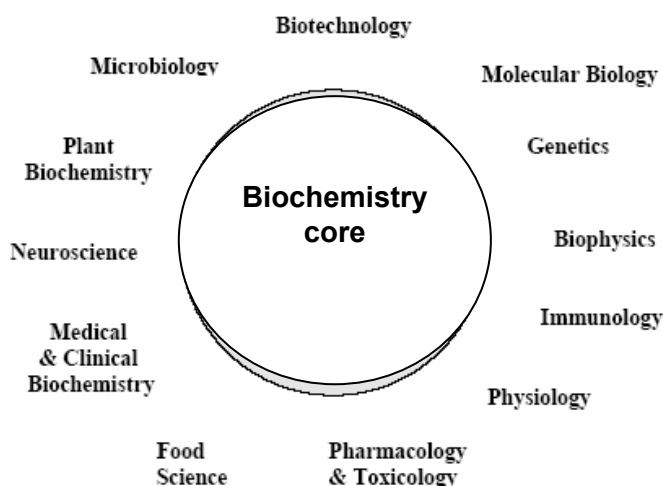
La universidad de Oxford ofrece un *BSc Biochemistry* (Bioquímica General) de cuatro años sin posibilidad de obtención de título a los tres años.

Otras universidades poseen un **curso cero** (*stage 0* en the Queen's University of Belfast, o *Foundation course* en la U. de Manchester) destinado a: estudiantes que no poseen el nivel requerido en ciertas materias específicas para la admisión directa en los estudios de grado, personas sin titulación de entrada apropiada, pero con experiencia profesional, estudiantes procedentes de otros países, etc. Frecuentemente la superación

de este curso (un año con un fuerte componente de química y de biología) da acceso directo a la titulación de grado.

***Profesionalización de las titulaciones.*** Distintas universidades argumentan la profesionalización de sus titulaciones de grado en función de la adaptación de su currícula y sus prácticas docentes a las recomendaciones de la Biochemical Society (Anexo) (*Curriculum Working Party Report on the Core Content of Biochemistry Degrees*). Estas recomendaciones recogen también los estándares académicos para las Biociencias (*Biosciences Subject Benchmark Statement, Quality Assurance Agency for Higher Education*)

***Denominación de titulaciones de grado en Reino Unido.*** Muchas universidades en el Reino Unido poseen un gran número de titulaciones relacionadas con la Bioquímica y la Biotecnología (por ejemplo: Leeds, más de 20; Manchester, más de 28; University College London, más de 13). El título obtenido refleja la optatividad realizada por el estudiante en las distintas disciplinas relacionadas con la Bioquímica, por ejemplo: Bioquímica, Bioquímica con Biotecnología, Bioquímica con Biología Molecular, Bioquímica con Bioquímica Médica, Bioquímica con experiencia industrial, etc. En el Reino Unido los títulos de grado se presentan en dos formatos: “single-subject” (Biochemistry BSc); o “two-subjects, joint honours BSc” (Bioquímica y otra materia, la cual puede ser: Computing, Busines Studies, una lengua moderna o cualquier biociencia relacionada). El número de titulaciones en dos materias es alto ya que la Bioquímica, junto con la Biotecnología moderna, es el núcleo central de las biociencias moleculares como se muestra en la Figura 4.



**Figura 4. Algunas opciones de temas relacionados con un núcleo curricular central de Bioquímica.** Muchos de estos temas relacionados constituyen ya parte del núcleo curricular de Bioquímica pero pueden ser ampliados. Tomado del informe SOMUL.

El grado de diversidad parece estar en función de la magnitud de los departamentos implicados en la docencia, sin embargo cabe destacar la universidad de Oxford como excepción, ya que --como se ha comentado anteriormente-- posee una única titulación de grado de cuatro años. Las universidades y titulaciones del Reino Unido analizadas se resumen en la siguiente tabla.

Universidad	Titulaciones	Años/ECTS	Tipos de proyecto	Créditos del proyecto	Método docente
The University of Manchester	<a href="#">C700 Biochemistry</a>	3	Todos**	14 semanas (15-20 ECTS)	TODOS
	<a href="#">C560 Biotechnology (Enterprise)</a>	3	Todos**	14 semanas (15-20 ECTS)	TODOS
	<a href="#">Biochemistry with Biotechnology</a>	3	Todos**	14 semanas (15-20 ECTS)	TODOS
	<a href="#">C724 Medical Biochemistry</a>	3	Todos**	14 semanas (15-20 ECTS)	TODOS
	<a href="#">C720 Molecular Biology</a>	3	Todos**	14 semanas (15-20 ECTS)	TODOS
University of Leeds	<a href="#">Biochemistry C700</a>	3	Investigación	20 ECTS	TODOS
	<a href="#">Biotechnology J700</a>	3	Investigación	20 ECTS	TODOS
	<a href="#">Biochemistry with Molecular Biology C7C7</a>	3	Investigación	20 ECTS	TODOS
	<a href="#">Biochemistry with Medical Biochemistry C720</a>	3	Investigación	20 ECTS	TODOS
	<a href="#">Food Biochemistry and Health DB69</a>	3	Investigación	20 ECTS	TODOS
	<a href="#">Biochemistry-Chemistry CF71</a>	3	Investigación	20 ECTS	TODOS
	<a href="#">Biochemistry-Food Science CD76</a>	3	Investigación	20 ECTS	TODOS

	<a href="#">Biochemistry-Genetics BSc - CC47</a>	3	Investigación	20 ECTS	TODOS
	<a href="#">Biochemistry-Microbiology BSc - CC57</a>	3	Investigación	20 ECTS	TODOS
	<a href="#">Biochemistry-Pharmacology BSc - CB72</a>	3	Investigación	20 ECTS	TODOS
	<a href="#">Biochemistry-Physiology BSc - CB71</a>	3	Investigación	20 ECTS	TODOS
University College London	<a href="#">Biotechnology</a>	3	Investigación	15 ECTS	TODOS
	<a href="#">Biochemistry BSc</a>	3	Investigación	15 ECTS	TODOS
	<a href="#">Molecular Biology BSc</a>	3	Investigación	15 ECTS	TODOS
	<a href="#">Biochemical Engineering Beng</a>	4	<i>Bioprocess Design Project</i>	.....	TODOS
	<a href="#">Biochemical Engineering with Bioprocess</a>	4	<i>Bioprocess Design Project</i>	.....	TODOS
	<a href="#">Biomedical Sciences</a>	3	Investigación	.....	TODOS
London Metropolitan University	<a href="#">Biochemistry: BSc (Hons) - Single, Joint</a>	3	Investigación	.....	TODOS
	<a href="#">Biomedical Sciences: BSc (Hons) - Single</a>	3	Investigación	.....	TODOS
Univ. Of Oxford	<a href="#">Biochemistry, Molecular and Cellular</a>	4	Investigación	<i>12 weeks + dissertation time + etc.</i>	TODOS
Nottingham Trent university	<a href="#">Biochemistry and Microbiology, BSc (Hons)</a>	3 (4)*	NO	.....	TODOS
	<a href="#">Bioinformatics, BSc (Hons)</a>	3 (4)*	Investigación	.....	TODOS
	<a href="#">Biomedical Sciences, BSc (Hons)</a>	3 (4)*	NO	.....	TODOS
	<a href="#">Biomolecular Analysis, BSc (Hons)</a>	3 (4)*	Investigación o Industria	.....	TODOS
	<a href="#">Cell and Molecular Biology, BSc (Hons)</a>	3 (4)*	NO	.....	TODOS
Queen's University Belfast	<a href="#">Biomedical Science</a>	4	Investigación	.....	TODOS
	<a href="#">Biochemistry</a>	4	Investigación	.....	TODOS
	<a href="#">Molecular Biology</a>	4	Investigación	.....	TODOS

\*\* Todos: Los proyectos pueden ser de investigación básica o aplicada, industrial, bibliográfico, en tratamiento de datos, etc.

(4)\* La duración es de 4 años si se opta por la posibilidad de realizar una estancia en la industria o laboratorio durante el tercer año.

### 1.2.11 Irlanda

#### Titulaciones de grado en Bioquímica y Biotecnología en Irlanda

Los estudios de grado en Irlanda son de cuatro años, con un primer año de ciencias básicas. En University College Cork, durante el primer año se estudia solamente ciencia general (Biología, Química, Matemáticas y Física) y es común para los BSc Honours de Biotecnología, Bioquímica, Ciencias Biomédicas, Química, etc.. que están englobados dentro de la macro-área de Biological and Chemical Sciences. Este primer año es también requisito para el acceso al BSc Biomedical Sciences. La estructura de los años 2, 3 y 4 es similar a la del Reino Unido. En el Trinity College Dublín, los dos primeros años están dedicados fundamentalmente a la ciencia básica y solo al final del segundo año se entra en materia específica de la titulación.

Existe también la posibilidad de cursar grados en una sola materia “single-subject”, o de dos “two-subjects” (ver el apartado sobre el Reino Unido). Los títulos de grado dan acceso tanto a Másteres como a doctorado.

En las universidades irlandesas el proyecto de investigación forma parte esencial del último año en los BScs de Bioquímica y de Biotecnología, y puede realizarse en cualquiera de las áreas que utilizan la Bioquímica y/o Biotecnología como herramienta, desde biología celular o cáncer hasta Biotecnología de plantas.

Los requisitos de entrada a las titulaciones incluyen un nivel predeterminado en determinadas materias (OC3 or HD3 en matemáticas y HC3 en dos de: physics, chemistry, biology, physics/chemistry, mathematics, geology, geography, applied mathematics, agricultural science). Las universidades y titulaciones de Irlanda analizadas se resumen en la siguiente tabla.

Universidad	Titulaciones	Años	Tipos de proyecto	Tipo docencia
<a href="#">Cork University College</a>	Biochemistry	4	Investigación	TODOS
	Biomedical sciences	4	Investigación	TODOS
Trinity College of Dublin	<a href="#">Biochemistry</a>	4	Investigación	TODOS
	<a href="#">Biochemistry with Immunology</a>	4	Investigación	TODOS

## 1.2.12 Italia

### Organización de la enseñanza superior en Italia

La nueva organización de los estudios comenzó en el curso 2002-03, y están organizados en dos ciclos por decreto, siguiendo las directrices de Bolonia:

- Primer ciclo de tres años (6 semestres) que conduce a la *Laurea Triennale* y
- Segundo ciclo de dos años (4 semestres) que lleva a la *Laurea Specialistica*.

El decreto de 3 noviembre 1999, n° 509, establece que la laurea triennale dé una formación generalista de base con la posibilidad de seguir los estudios hacia una especialización profesional. Además pretende que los graduados puedan acceder directamente al mercado laboral, a los cursos de *laurea specialistica* y posteriormente al doctorado.

Los estudios se basan en créditos formativos. Un crédito formativo es una unidad de medida del trabajo necesario para que el estudiante adquiriera un determinado conocimiento y competencia. Un crédito equivale a 25 horas de trabajo que comprende el estudio individual, las clases teóricas y prácticas, etc. Los diferentes estudios de laurea triennale se han organizado en cursos de 60 créditos. Más información sobre el decreto puede encontrarse en:

[http://www.informagiovani-italia.com/Riforma\\_universitaria.htm](http://www.informagiovani-italia.com/Riforma_universitaria.htm)

El decreto establece también un catálogo cerrado de 42 títulos de Grado ("Classe delle Lauree") con efectos profesionales y con unos contenidos formativos comunes (que son mínimos en cuanto a porcentaje de ECTS y que además no contemplan la asignación de ECTS a asignaturas concretas sino más bien a materias propias de áreas de conocimiento. Las Universidades italianas son, por tanto, libres de establecer sus planes de estudio, e incluso la denominación del título, pero dichos planes deben necesariamente adscribir dicho título a una de las 42 "Classe delle Lauree".

### Titulaciones de grado en Bioquímica y Biotecnología en Italia

Los estudios de Biotecnología y Bioquímica en el estado italiano son estudios de "Laurea triennale" (Bachelor de 180 ECTS) y "Laurea Specialistica" (Máster de 120 ECTS). Todos los demás títulos son a extinguir.

- Classe L1: Lauree in Biotecnologie

- Clase L12: Lauree in Scienze Biologiche

La Biotecnología sí está incluida en el listado oficial de titulaciones de grado. Existen en Italia diferentes estudios relacionados con la Bioquímica y Biología molecular que son ofertados por diferentes universidades, en todos los caso son estudios de tres años (180 ECTS) distribuidos cursos de 60 ECTS. Además presentan prácticas externas y una prueba final.

**Laurea en Biología Molecular.** Existen en Italia diferentes estudios relacionados con la Bioquímica y biología molecular que son ofertados por diferentes universidades, en todos los casos son estudios de tres años (180 ECTS) distribuidos en tres años de 60 ECTS. Además presentan prácticas externas y una prueba final. Las universidades con estudios de Bioquímica (o relacionados) se resumen en la siguiente tabla.

Universidad	Titulaciones	Años/E CTS	Proyecto	Semestre	Créditos Proyecto	Docencia
Università degli Studi di Bari	<a href="#">Biologia Cellulare e Molecolare</a>	180	Investigación o Industria	S6	9	MIXTA
	<a href="#">Scienze Biosanitarie</a>	180	Investigación o Industria	S6	9	MIXTA
Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"	<a href="#">Biologia Cellulare e Molecolare</a>	180	Investigación o Industria	S6	9	MIXTA
	<a href="#">Biologia Umana</a>	180	Investigación o Industria	S6	N. A.	MIXTA
Università degli Studi di Padova	<a href="#">Biologia Molecolare</a>	180	Investigación o Industria	S6	5	MIXTA
Università degli Studi dell'Insubria	<a href="#">Biologia Sanitaria</a>	180	Investigación o Industria	S6	10+4	MIXTA
Università degli Studi di Pisa	<a href="#">Scienze Biologiche e Molecolari</a>	180	Investigación o Industria	S6	9	MIXTA
Università degli Studi di Urbino	<a href="#">Analisi chimico-biologiche</a>	180	Investigación o Industria	S6	9	MIXTA
	<a href="#">Biotecnologie</a>	180	Investigación o Industria	S6	12	MIXTA

***Laurea en Biotecnología.*** Este grado cualifica para trabajar tanto en laboratorios de Biotecnología públicos como privados del ámbito industrial, agrario, sanitario, comunicación científica. Además permite ejercer la libre profesión. Así las ocupaciones primarias son:

- Industria agroalimentaria, farmacéutica, zootécnica, química, bioingeniería, etc.
- Laboratorios de diagnóstico, de control ambiental y alimentario dentro del sistema nacional sanitario y de estructuras análogas de la unión europea.
- Empresas para la elaboración de normas técnicas o de certificación de la calidad.
- Universidades o otro tipo de instituciones de investigación públicas o privadas

***Requisitos o prueba de acceso.*** Para poder acceder a la laurea in Biotecnologia se debe estar en posesión de un diploma de la escuela secundaria superior, o de un título equivalente conseguido en la Unión Europea u otros países, y de una preparación adecuada en matemáticas, biología, química y física. La preparación se valora mediante una prueba de acceso.



*Diversidad de titulaciones de grado de Biotecnología.* Los estudios de grado de Biotecnología de Italia analizados se muestran en la siguiente tabla .

Universidad	Titulaciones	Años/ ECTS	Proyecto	Semestre	Créditos Proyecto	Docencia
Università degli Studi di Bari	<a href="#">Biotecnologie per l'innovazione di Processi e Prodotti</a>	180	Investigación o Industria	S6	9	MIXTA
	<a href="#">Biotecnologie per le Produzioni Agricole e Alimentari</a>	180	Investigación o Industria	S6	9	MIXTA
	<a href="#">Biotecnologie Sanitarie e Farmaceutiche</a>	180	Investigación o Industria	S6	9	MIXTA
Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"	<a href="#">Biotecnologie</a>	180	Investigación o Industria	S6	12	MIXTA
Università degli Studi di Padova	<a href="#">Biotecnologie</a>	180	Investigación o Industria	S6	N. A.	MIXTA
	<a href="#">Biotecnologie Sanitarie</a>	180	Investigación o Industria	S6	11	MIXTA
Università degli Studi dell'Insubria	<a href="#">Biotecnologie</a>	180	Investigación	S6	10+5	Web
Università degli Studi di Bologna	<a href="#">Biotecnologie</a>	180	Investigación o Industria	S6	11	MIXTA
Università degli Studi di Camerino	<a href="#">Biotecnologie</a>	180	Investigación o Industria	S6	8	MIXTA
Università degli Studi di Urbino	<a href="#">Biotecnologie</a>	180	Investigación o Industria	S6	12	MIXTA

Un gran número de universidades de Italia poseen la laurea en Biotecnología, en algunas se ofrecen diferentes itinerarios de especialización, por ejemplo: Universidad de Insubria con tres especialidades: Bioindustrial, Molecular y Biomédica. Universidad de Bolonia con cinco especialidades: Agraria, Farmacéutica, Industrial, Médica y Veterinaria. Universidad de Camerino con dos especialidades: Farmacéutica y Microbiológica. En cambio en otras universidades se ofrecen diferentes lauras en Biotecnología, por ejemplo: Universidad de Bari con lauras en: Biotecnología de la Innovación de procesos y productos, Biotecnología para la producción agrícola y alimentaria, Biotecnología Sanitaria y Farmacéutica. Universidad de Milán con las

laureas en: Biotecnología Agraria y Vegetal, Biotecnología Farmacéutica, Biotecnología Industrial y Ambiental, Biotecnología Médica, y Biotecnología Veterinaria.

### **1.2.13 Portugal**

#### **Organización de la enseñanza superior en Portugal**

Los decretos finales de adaptación al proceso de Bolonia no se han publicado hasta la fecha (Enero 2005), pero la tendencia es adoptar una estructura en dos ciclos de los que el primero sería de Licenciatura (4 años) y el segundo de “Mestrado” de dos años de duración.

#### **Titulaciones de grado en Bioquímica y Biotecnología en Portugal**

La mayoría de las Universidades que venían impartiendo la Licenciatura en Bioquímica han realizado una reestructuración de los estudios a cuatro años (240 ECTS), de los cuales el último es de prácticas en un laboratorio. Esta estructura de cuatro años no implica que haya semestres comunes con otras licenciaturas y en algunos casos durante el tercer año se ofrece la posibilidad de elegir un perfil de especialización. Las Universidades de Lisboa, Porto, Coimbra, Algarbe y Évora imparten una Licenciatura en Bioquímica de cuatro años (240 ECTS) con planes de estudio análogos. Todas ellas a excepción de la de Évora ofrecen a partir del tercer año la posibilidad de elegir un perfil cursando asignaturas de especialización. El número de las especializaciones ofertadas es variable, por ejemplo la Universidad de Porto imparte tres especialidades: “Bioquímica Aplicada, Científica en Biofísica y Industrias Alimentares”.

Las Universidades de Beira-Interior y Madeira programan Licenciaturas de Bioquímica de 5 y 4 años de duración respectivamente y están pendientes de adaptación al sistema de créditos europeos (ECTS). La Universidad de Aveiro tiene programada una Licenciatura en “Bioquímica e Química Alimentar” de 4 años (240 ECTS) con un quinto año opcional de carácter profesionalizante

Además de la licenciaturas en Bioquímica, otras Universidades han apostado por titulaciones relacionadas, así, la universidad de Tras os Montes ofrece la Licenciatura en Genética y Biotecnología, mientras que la de Minho oferta la de Biología Aplicada, ambas de 4 años (240 ECTS). Otra Licenciatura relacionada es la de Ingeniería

Biológica de 5 años que ofrece la Universidad Técnica de Lisboa. Las universidades y titulaciones de Portugal analizadas se resumen en la siguiente tabla.

<b>Universidad</b>	<b>Denominación de titulaciones</b>	<b>Años/ECTS</b>	<b>Proyecto</b>	<b>Método docente</b>
<u>Universidade do Porto</u>	Bioquímica <sup>(1)</sup>	4/240	Investigación	Tradicional
<u>Universidade do Lisboa</u>	Bioquímica	4/240	Investigación	Tradicional
<u>Universidade de Évora</u>	Bioquímica	4/240	Investigación	Tradicional
<u>Universidade de Coimbra</u>	Bioquímica	4/240	Investigación	Tradicional
<u>Universidade do Algarve</u>	Bioquímica	4/240	Investigación	Tradicional
<u>Universidade do Aveiro</u> <sup>(2)</sup>	Bioquímica e Química Alimentar	4/240	Investigación o Industria	Tradicional
<u>Universidade Trás os Montes</u>	Genética i Biotecnologia	4/240	Investigación o Industria	Tradicional
<u>Universidade da Beira-Interior</u>	Bioquímica	5/no ECTS	Investigación	Tradicional
<u>Universidade de Madeira</u>	Bioquímica	4/no ECTS	Ninguno	Tradicional
<u>Universidade do Minho</u>	Biología Aplicada	4/240	Investigación	Tradicional

(1) Se imparten tres especialidades: Bioquímica aplicada, Científica em Biofísica e Industrias Alimentares.

(2) Tiene programado un quinto año opcional de carácter profesionalizante.

### 1.3 Análisis detallado por países europeos del Postgrado o Máster en Bioquímica y Biotecnología

A continuación se presenta el análisis más detallado de los estudios de Postgrado o Máster en los diferentes países europeos analizados.

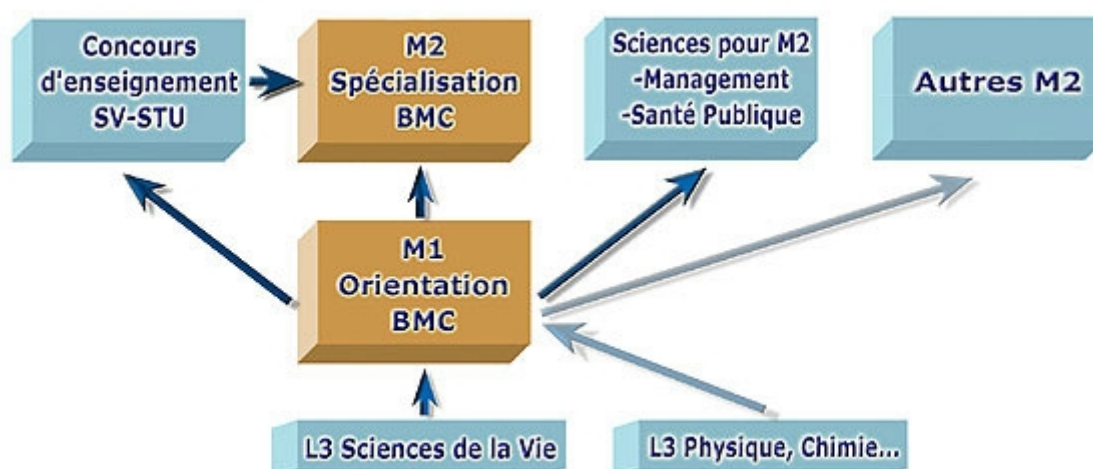
#### 1.3.1 Francia

En Francia se accede al Máster tras la Licence general. Como ya hemos mencionado hay dos tipos de Máster

a) **Máster Recherche**. Formación generalista de 2 años, que habilita para poder hacer una tesis doctoral, que permite realizar tareas de investigación en centros públicos y privados, pero no habilita para el desempeño de una profesión.

b) **Máster Profesional**. Formación especializada de 2 años, que habilita para el desempeño de una profesión.

La variedad de Másteres en Bioquímica y/o Biotecnología es muy amplia en las diferentes Universidades. Con objeto de rentabilizar los esfuerzos formativos de los estudiantes, los diferentes Títulos universitarios (i.e generalista o profesional) dentro de una misma área están diseñados bajo el esquema en Y (Figura 5) que mantienen un tronco común durante los 2 primeros semestres del Máster (M1), y establecen las diferencias formativas del título general o profesional en los dos últimos semestres del Título (M2).

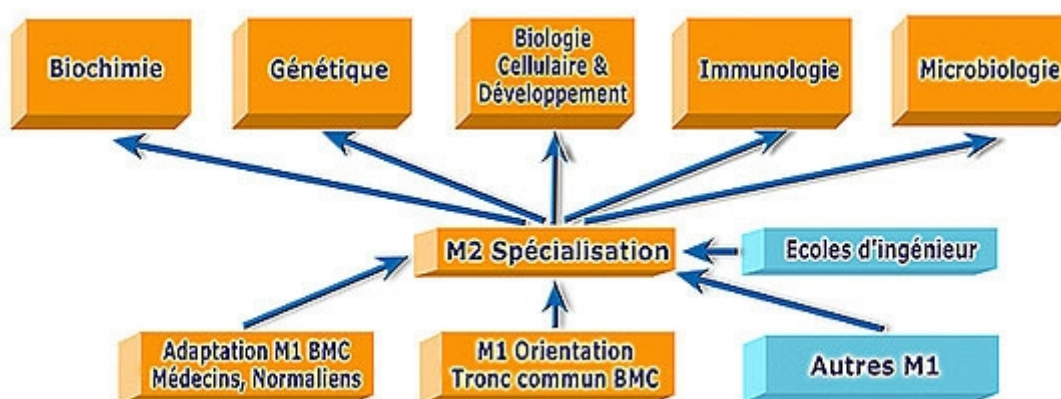


**Figura 5. Esquema de la organización en Y de los másteres en Biociencias moleculares en Francia.** Desde diferentes grados (grado de 3 años, L3, en Ciencias de la vida o Química Física), los estudiantes acceden a un modulo de orientación (M1) de

dos semestres común Posteriormente llevaran acabo el modulo de especialización M2 en diferentes modalidades: especialización en Biología Molecular y celular (con o sin docencia), en ciencias de biosanitarias o empresariales y otros módulos de especialización. Tomado de la Web.

Se superan los contenidos por semestres, y hay una homologación de los títulos a nivel nacional, previa habilitación por el Ministerio, habida cuenta de su carácter nacional. Cada uno de los Títulos “Mention” que a su vez puede tener diferentes especialidades, que establece las diferencias de formación y capacitación del egresado

Se ha elegido para el análisis detallado (Fig. 6) los Másteres de la Universidad Pierre et Marie Curie de Paris que es la Universidad nº 1 de Francia y nº 41 en el TOP500 (<http://ed.sjtu.edu.cn/rank/2004/top500.xls>) de las universidades del mundo. Como en el caso de otras Universidades las Menciones del Máster y especializaciones se basan en la experiencia particular de los grupos de investigación e instituciones que participan en la misma, que en este caso son numerosos y muchos de ellos con una gran reputación (ver detalle en documento Post-grado Excel).



**Figura 6. Titulaciones de Másteres en Biociencias moleculares de Universidad Pierre et Marie Curie (Paris, Francia).** Después del módulo de orientación (M1) que puede conseguirse por diferentes graduados de diferentes formas. Se pasa al modulo de especialización que permite obtener Másteres con diferentes titulaciones: Bioquímica, Genética, Biología celular y Desarrollo, Immunología, Microbiología. Tomado de la Web. El programa de post-grado de la Universidad Victor Segalen (Burdeos II) presenta una organización similar.

La duración de los Máster en años es homogénea (cuatro semestres en dos años) con una equivalencia de 25 hora/crédito estudiante. Hay una gran libertad en la elección de las asignaturas que le conferirán la especialidad y que una comisión de Máster adaptará al estudiante según su formación y objetivos. El desarrollo del Proyecto de Máster por 30 créditos en el último semestre es parte esencial en la especialización del estudiante.

Se estimulan las competencias transversales de lengua extranjera (inglés), capacitación profesional, análisis de bibliografía y competencia experimental.

En la tabla siguiente se muestran las universidades y algunos postgrados estudiados de Francia.

<b>Universidad</b>	<b>Titulaciones Postgrado</b>	<b>Proyecto</b>	<b>Años/ ECTS</b>
<b>UNIVERSITÉ DE PROVENCE AIX- MARSEILLE I</b>	<b>Bioinformática, Bioquímica Estructural. y Genómica</b>	Investigación	120
	<b>Máster en Ciencias. "Mention Microbiologie, Biologie végétale et biotechnologies"</b>	Investigación	120
<b>UNIV DE LA MEDITERRANÉE AIX- MARSEILLE II</b>	<b>Microbiología y Biotecnología</b>	Investigación	120
	<b>Microbiología, Biol.Vegetal y Biotecnología,-Biología del Desarrollo</b>	Investigación	120
	<b>Bioinformática, Bioquímica Estructural y Genómica</b>	Investigación	120
	<b>Bioinformática</b>	Profesional	120
	<b>Genómica</b>	Profesional	120
<b>UNIVERSITÉ BLAISE PASCAL CLERMONT- FERRAND II</b>	<b>Bioinformática</b>	Profesional	120
	<b>Genética, Fisiol. y Biotecnología</b>	Investigación	120

### 1.3.2 Bélgica

El estudio se ha realizado en cinco universidades en las cuales se realizan siete tipos diferentes de Másteres relacionados con Bioquímica, Biología Molecular y Biotecnología. El estudio detallado se ha realizado en uno de la Universidad de Ghent titulado "Biotecnología Molecular. La duración de este Máster es de 60 créditos ECTS (un año) con dos orientaciones diferentes; debido a este motivo, existe una parte común y una parte diferencial. Se puede destacar que el porcentaje de tiempo dedicado a la realización del proyecto es de un 25% del total de créditos, mientras que la parte general común es de un 30%. Es de destacar que estos Másteres van dirigidos a estudiantes que pretendan continuar en investigación o bien como salida profesional para su

especialización. La enseñanza de este Máster se realiza íntegramente en inglés, así como los seminarios, clases y prácticas, y va dirigido a estudiantes que hayan completado un segundo ciclo.

Se posibilita al estudiante el realizar prácticas en empresas o centros de investigación.

Las universidades y títulos de postgrado analizados en Bélgica se muestran en la siguiente tabla.

<b>Universidad</b>	<b>Titulaciones postgrado</b>	<b>Años/ECTS</b>	<b>Proyecto</b>
<b>University of Ghent</b>	<b>Biochemistry and Biotechnology</b>	60	Investigación o Industria
	<b>Biomedical Sciences</b>	60	Investigación o Industria
	<b>Molecular Biotechnology</b>	60	Investigación o Industria
<b>Université Catholique de Louvain</b>	<b>Bio-ingénieur</b>	120	Investigación o Industria
<b>Université Libre de Bruxelles</b>	Option "Sciences agronomiques" Option "Chimie et bio-industries" Option "Sciences et technologies de l'environnement"	-	-
<b>Université de Mons-Hainaut</b>	<b>Sciences biomédicales</b>	60	Investigación o Industria
	<b>DES en Biotechnologie</b>	120	Investigación o Industria
<b>Vrije Universiteit Brussel</b>	<b>Science in Molecular Biology</b>	120	Investigación o Industria
	<b>Science in Molecular Biology and Biotechnology</b>	60	Investigación o Industria

### 1.3.3 Holanda

La situación de los Máster en Holanda es muy similar a la de Francia en cuanto a duración (120 créditos, 1 ECTS=28 h), semestralidad, orientación y capacitación (de investigación o profesional), acreditación por un Organismo del Ministerio, y orientación de los programas en cuanto al Proyecto de Máster a realizar con la

experiencia en investigación de los grupos e instituciones participantes en la impartición del mismo.

Se ha elegido para el análisis detallado el Programa de Máster en Ciencias Biomoleculares de la Universidad de Utrecht que cuenta con la mención de Prestige (calidad) holandesa y es la Universidad nº 1 de Holanda y nº 39 en el TOP500 (<http://ed.sjtu.edu.cn/rank/2004/top500.xls>) de las universidades del mundo. La utilización con fluidez de la lengua inglesa es un requisito de entrada en el Máster, que se enseña en esta lengua y se trata de un Máster internacional con tres orientaciones o perfiles, una de investigación, otra profesional y otra de comunicación. Una Comisión evalúa la formación del estudiante y sus objetivos de Máster y le orienta en las asignaturas y bloques de formación a desarrollar. Existen dos Proyectos de Máster: Uno mayor de 51 créditos y otro menor de 33 créditos que puede intercambiarse con complementos de formación según el perfil que se desea obtener.

Las universidades y títulos de postgrado analizados en Holanda se muestran en la siguiente tabla.

<b>Universidad</b>	<b>Titulaciones Postgrado</b>	<b>Años/ECTS</b>	<b>Proyecto</b>
<b>Technical University of Delf (TUDelf)</b>	<b>Ciencias de la vida y tecnología</b>	120	Investigación/ Profesional
	<b>Ingeniería Biomédica</b>	120	Investigación
<b>Universiteit van Amsterdam (UA)</b>	<b>Bioquímica Médica</b>	120	Investigación/ Profesional
	<b>Ciencias Biomoleculares</b>	120	Investigación
	<b>Biología Molecular y Celular y Bioinformática</b>	120	Investigación
<b>Universiteit van Leiden</b>	<b>Biología Molecular y Celular</b>	120	Investigación
	<b>Negocios basados en Ciencias y tecnología y Ciencias de la vida</b>	120	Profesional
	<b>Ciencias Biofarmacéuticas</b>	120	Investigación/ Profesional
<b>Universiteit of Utrecht</b>	<b>Ciencias Biomoleculares</b>	120	Investigación



### **1.3.4 Suecia**

El estudio se ha realizado en dos universidades (Lund y Uppsala) en las que se han analizado 5 Másteres relacionados con Bioquímica -Biotecnología. El estudio detallado se ha hecho de dos Máster de la Universidad de Uppsala.

Los Másteres en Suecia son tanto nacionales como internacionales, pero en ambos se exige conocimiento de inglés. De hecho, los Internacionales se imparten exclusivamente en inglés. Los Másteres nacionales son de 90 créditos ECTS, mientras que los internacionales son de 120 créditos ECTS.

Otro punto a destacar es que se ofrece cierta optatividad para que el estudiante configure el Máster de acuerdo con sus necesidades. Se hace mucho hincapié en el hecho de que los profesores del Máster son especialistas en la materia y con reconocido prestigio internacional.

El proyecto suele ocupar un semestre (30 ECTS) aunque hay cierta variabilidad que es optativa. Lo común es que el proyecto se pueda hacer tanto en la universidad como en entidades colaboradoras, aunque siempre bajo la supervisión de un tutor de la universidad.

Por último, resulta original el sistema de examen del proyecto del Máster, ya que se trata de una presentación oral ante el coordinador, el supervisor y un grupo de estudiantes de doctorado. Por el contrario, el estudiante del Máster deberá estar presente en la defensa de los proyectos de los estudiantes de doctorado. Con ello se pretende que haya contacto entre los estudiantes en el último año de Máster con los de doctorado. Después de recibir las críticas del tribunal, el estudiante deberá rehacer el proyecto. El proyecto final se publica en formato pdf en la página Web de la universidad.

Las universidades y títulos de postgrado analizados en Suecia se muestran en la siguiente tabla.

<b>Universidad</b>	<b>Titulaciones postgrado</b>	<b>Años/ECTS</b>	<b>Proyecto</b>
<b>Universidad de Lund</b>	<b>Tecnología de los alimentos</b>	90	Investigación/ Industria
<b>Universidad de Uppsala</b>	<b>Biología Molecular de la Célula I</b>	75	Investigación/ Industria
	<b>Biología Molecular de la Célula II</b>	75	Investigación/ Industria
	<b>Biotecnología Molecular y Bioinformática</b>	120	Investigación/ Industria

### 1.3.5 Noruega

Se ha hecho el estudio detallado de dos Máster impartidos en dos universidades distintas (Bergen y Tromso). Ambos Másteres tienen 120 ECTS. En uno de los casos el idioma oficial es el noruego, pero la mayoría de los cursos se imparten en inglés. Igualmente se recomienda que al menos el 20% de los estudiantes admitidos sean de otros países. Al igual que en Suecia, se ofrece bastante optatividad durante el primer año para que el estudiante configure su currículum y cubra lagunas de su formación previa. Es de destacar que en ambas universidades se dedica la mitad del Máster (1 año-60 ECTS) a la realización del proyecto. La enseñanza es tutorizada de forma individual y se firma un “acuerdo de aprendizaje” entre el tutor y el estudiante en el que ambas partes se fijan determinados compromisos. El proyecto se puede realizar en otros departamentos e incluso en el extranjero.

Las universidades y títulos de postgrado analizados en Noruega se muestran en la siguiente tabla.

<b>Universidad</b>	<b>Titulaciones postgrado</b>	<b>Años/ECTS</b>	<b>Proyecto</b>
<b>Universidad de Bergen</b>	<b>Biología Molecular</b>	120	Investigación/ Industria
<b>Universidad de Tromso</b>	<b>Biología Vegetal</b>	120	Investigación/ Industria

### 1.3.6. Dinamarca

El sistema de Máster en Dinamarca está completamente acoplado al sistema de crédito ECTS. Los Máster tienen una duración de cuatro semestres (2 años). La carga lectiva consiste en 120 ECTS distribuidos en 60 créditos en un primer año en curso sobre áreas fundamentales y un segundo año (60 créditos) que se emplea en la realización de la tesis o proyecto final. El trabajo de los cursos consiste en lecturas de publicaciones científicas, prácticas de laboratorio y coloquios. La evaluación se realiza mediante ejercicios escritos y orales. El trabajo de investigación para la tesis o proyecto de Máster, puede llevarse a cabo en alguno de los laboratorios de investigación de los departamentos. También existe la posibilidad de realizar el trabajo de investigación parcial o completamente en otros laboratorios, incluyendo los de empresas e industrias de dentro o fuera de Dinamarca. Los Máster se imparten en inglés, exigiéndose una puntuación mínima de 6,5 en el IELTS (*International English Language Testing System*).

La universidad y título de postgrado analizado en Dinamarca se muestra en la siguiente tabla.

Universidad	Titulaciones postgrado	Años/ECTS	Proyecto
Syddansk Univesitet, Odense	Biotecnología	120	Investigación

### 1.3.7 Alemania

Alemania es un país con un sistema de estudios muy parecido al español, es decir, organizado en facultades en vez de en departamentos y con carreras en su mayoría de cinco años. Algunas de sus universidades poseen una gran tradición, por lo que el cambio al sistema europeo y la implantación de créditos ECTS está siendo más lenta que en los países analizados anteriormente. Además, por ser un país relativamente grande no es tan frecuente encontrar Másteres impartidos en inglés, aunque esta tendencia está cambiando en los últimos años.

Se ha hecho el estudio macro de 9 Másteres en 8 universidades distintas. Para el estudio en detalle se han elegido dos, uno en la Universidad de Heidelberg y otro en la Universidad de Aachen. En ambos casos los estudios han sido adaptados al sistema

Europeo y se imparten en inglés. En los dos Másteres analizados el proyecto ocupa un semestre (30 ECTS), aunque en un caso la duración total del Máster es de 4 semestres (120 ECTS) y en el otro es de 3 (90 ECTS).

Los estudios suelen estar organizados en módulos. Resulta interesante la organización del Máster en Ingeniería Biomédica de la Universidad de Aachen. En este Máster, en el primer semestre se complementan los conocimientos previos de los estudiantes que permitan una base común (30 ECTS). Durante el siguiente año (60 ECTS) se imparten unos módulos optativos de especialización y el último semestre se reserva para la realización del proyecto (60 ECTS).

Las universidades y títulos de postgrado analizados en Alemania se muestran en la siguiente tabla.

<b>Universidad</b>	<b>Titulaciones postgrado</b>	<b>Años/ECTS</b>	<b>Proyecto</b>
<b>Universidad de Ulm</b>	<b>Bioquímica</b>	90	Investigación/ Industria
<b>Escuela Politécnica de Mannheim</b>	<b>Biotecnología</b>	90	Investigación/ Industria
	<b>Ingeniería Química</b>		Investigación/ Industria
<b>Universidad de Heidelberg</b>	<b>Biología Celular y Molecular</b>	90	Investigación
<b>Universidad de Munich</b>	<b>Ciencias Farmacéuticas</b>	2 años	-
<b>Universidad de Bochum</b>	<b>Máster en Ciencias</b>	120	Investigación
<b>Universidad Heinrich-Heine de Düsseldorf</b>	<b>Bioquímica</b>		Bibliografía
<b>Universidad Politécnica de Aachen</b>	<b>Ingeniería Biomédica</b>	120	Investigación/ Industria
<b>Universidad de Osnabrück</b>	<b>Biología Celular</b>	2	-

### 1.3.8 Austria

Las universidades y títulos de postgrado analizados en Austria se muestran en la siguiente tabla.

Universidad	Titulaciones postgrado	Años/ECTS	Proyecto
Universität Salzburg	Biología Molecular	180	Investigación o Industria
Veterinärenmedecinische Universität Wien	Biomedicina y Biotecnología	180	Investigación o Industria
Universität für Bodenkultur Wien	Lebensmittel y Biotecnología	180	N.A.

### 1.3.9 Suiza

Las universidades y títulos de postgrado analizados en Suiza se muestran en la siguiente tabla.

Universidad	Titulaciones Postgrado	Años/ECTS	Proyecto
Universität Freiburg	Bioquímica	180	N.A.
Universität Bern	Bioquímica y Biología Molecular	180	N.A.
Université de Genève	Bioquímica	180	Investigación
Universität Zürich	Bioquímica	3 años	N.A.

### 1.3.10 Reino Unido

El estudio de Reino Unido se ha realizado de diez universidades (Bath, Belfast, Cambridge Cranfield, Glasgow, Leeds, London, London Metropolitan, Manchester y Nottingham) en las que se han analizado 25 Másteres relacionados con la Bioquímica y Biotecnología. El estudio detallado se ha hecho de algunos Máster que aparecen en la *web* con suficiente información para poder analizarlos. De dicho análisis se han concluido las siguientes características generales:

Existen dos opciones de Máster: MSc (*Máster of Sciences*) y MRes (*Máster Research*) que tan solo se diferencian en que el MRes tiene un mayor contenido en créditos de investigación.

*Requerimientos de aceptación.* En general se requiere haber obtenido calificaciones de cierto nivel en el Grado (2.1, *Honours degree second*, equivalente a un 8 sobre 10). Para estudiantes de otros países se requiere un nivel de inglés medio-alto.

*Duración.* Pueden encontrarse Másteres a tiempo completo, de 1 año, o Másteres a tiempo parcial de 2 años. La duración de las asignaturas se suele expresar en horas, por lo que los créditos no siempre están claros si son ECTS o de 10 h.

*Programa.* Algunas universidades especifican los programas (ejemplo Leeds), otras no. Se ofrece cierta optatividad para que el estudiante configure el Máster de acuerdo con sus necesidades, aunque siempre marcados por itinerarios y perfiles para la formación del estudiante. La distribución de los créditos por módulos (asignaturas) es uniforme en cada universidad. La carga lectiva es siempre inferior a la carga por trabajo del estudiante. La mayoría requieren un proyecto de investigación (30% de la carga). En algunos casos, y de forma optativa, a los estudiantes se les ofrece la posibilidad de una estancia de tres meses en empresas.

*Evaluación.* Se indica que los estudiantes son evaluados de forma continua, según su participación en clase. Aproximadamente, después de cada trimestre se hace un examen: Oral con discusión, Práctico y Teórico. Los proyectos realizados por los estudiantes son presentados y discutidos por estos, y su evaluación tiene un peso importante en la calificación general.

*Perfiles.* Los perfiles son variados, existiendo tanto títulos generales (ver Máster en Biociencias de la Universidad de Leeds) como profesionales (ver Máster en Biociencia Empresarial de la Universidad de Cambridge y el MIT)

Las universidades y títulos de postgrado analizados en Reino Unido se muestran en la siguiente tabla.

<b>Universidad</b>	<b>Titulaciones postgrado</b>	<b>Años/ECTS</b>	<b>Proyecto</b>
<b>University of Manchester</b>	<b>Biología Ambiental</b>	12 meses (TC)	Investigación
	<b>Biotechnology</b>	12 meses (Tiempo completo)	Investigación
	<b>Bioquímica Clínica</b>	12 meses (TC), 24 meses (TP)	Investigación
<b>University of Leeds</b>	<b>Biociencias</b>	1 año	Investigación/ Industria
	<b>Bioinformática &amp; Biología Computacional</b>	1 año	Investigación/ Industria
<b>University College London</b>	<b>Bioquímica Clínica</b>	2 años/part time	Investigación
<b>London Metropolitan University</b>	<b>Ciencias Biomédicas</b>	1 año	Investigación
<b>Nottingham Trent University</b>	<b>Tecnología Aplicada a Biomoléculas</b>	1 año	Investigación/ Industria
<b>Queen's University Belfast</b>	<b>Estructura y función de Biomoléculas</b>	1 año	Investigación
<b>University of Cambridge</b>	<b>Biociencia Empresarial</b>	1 año	Industria
<b>University of Bath</b>	<b>Biosciencias</b>	1 año	2 proyectos investigación
	<b>Ingeniería Bioquímica y Biomédica</b>	1 año	Investigación

<b>University of Cranfield</b>	<b>Diagnóstico Ambiental</b>	24 meses	Investigación/ Industria
<b>University of Glasgow</b>	<b>Biomédica y Ciencias de la vida</b>	12 meses	Investigación/ Industria

### 1.3.11. Irlanda

Se han analizado dos universidades, Cork y Dublín. Las características generales de los Máster son equivalentes a las expuestas en el Reino Unido. Las universidades y títulos de postgrado analizados en Irlanda se muestran en la siguiente tabla.

Universidad	Titulaciones postgrado	Años/ECTS	Proyecto
<b>Cork University College</b>	<b>Ciencias Aplicadas (Biotecnología)</b>	2 años/ 60 ECTS	Investigación
<b>Trinity College Univ. Dublin</b>	<b>Medicina Molecular</b>	1 año/90	Investigación

### 1.3. 12 Italia

El estudio global en Italia se ha realizado en ocho universidades en las cuales se realizan veintiséis tipos diferentes de Másteres relacionados con la Bioquímica, Biología Molecular y Biotecnología. El estudio detallado se ha realizado en uno de la Universidad de Bologna titulado “Biología Molecular y Celular” ya que este era uno de los más detallados. Los Másteres comprenden 60 créditos ECTS aunque no está claro cual es la duración real. En este Máster no se expresa directamente la realización de un proyecto de investigación (o estancia) pero en la evaluación si se requiere la presentación y defensa de un trabajo escrito relacionado con lo estudiado. Por el número de asignaturas (no se dice la temporalidad de las mismas) su duración parece más bien ser de 90 créditos (año y medio).



Las universidades y títulos de postgrado analizados en Italia se muestran en la siguiente tabla.

<b>Universidad</b>	<b>Titulaciones postgrado</b>	<b>Años/ECTS</b>	<b>Proyecto</b>
<b>Università degli Studi di Bari</b>	<b>Biologia Cellulare e Molecolare</b>	1/60	Investigación o Industria
	<b>Biotechnologie per l'innovazione di Processi e Prodotti</b>	1/60	Investigación o Industria
	<b>Biotechnologie per pe Produzioni Agricole e Alimentari</b>	1/60	Investigación o Industria
	<b>Biotechnologie Sanitarie e Farmaceutiche</b>	1/60	Investigación o Industria
	<b>Scienze Biosanitarie</b>	1/60	Investigación o Industria
<b>Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"</b>	<b>Biologia Cellulare e Molecolare</b>	1/60	Investigación o Industria
	<b>Biotechnologie Mediche</b>	1/60	Investigación o Industria
	<b>Biologia Umana</b>	1/60	Investigación o Industria
<b>Università degli Studi di Padova</b>	<b>Biologia Molecolare</b>	1/60	Investigación o Industria
	<b>Biotechnologie Mediche</b>	1/60	Investigación o Industria
	<b>Biotechnologie Farmaceutiche</b>	1/60	Investigación o Industria
	<b>Biotechnologie Industriali</b>	1/60	Investigación o Industria
	<b>Biologia Sanitarie</b>	1/60	Investigación o Industria
<b>Università degli Studi di Pisa</b>	<b>Scienze e Tecnologie Molecolari</b>	1/60	Investigación o Industria
	<b>Biotechnologie Alimentari</b>	1/60	Investigación o Industria
	<b>Biotechnologie Vegetali e Microbiche</b>	1/60	Investigación o Industria

<b>Università degli Studi di Bologna</b>	<b>Biotechnologie Farmaceutiche</b>	1/60	Investigación o Industria
	<b>Biologia Molecolare e Cellulare</b>	1/90	Investigación o Industria
	<b>Biotechnologie Molecolari e Industriali</b>	1/60	Investigación o Industria
	<b>Biotechnologie Mediche</b>	1/60	Investigación o Industria
	<b>Biotechnologie Animali</b>	1/60	Investigación o Industria
<b>Università degli Studi di Camerino</b>	<b>Biotechnologie Farmaceutiche</b>	1/60	Investigación o Industria
<b>Università degli Studi di Urbino</b>	<b>Biologie Molecolare e Cellulare</b>	1/60	Investigación o Industria
	<b>Biotechnologie Industriali</b>	1/60	Investigación o Industria

### 1.3.13 Portugal

En Portugal existen distintos tipos de cursos de postgrado: postgrados de actualización y postgrados de perfeccionamiento. Estos cursos de postgrado no confieren ningún grado académico y tienen por objetivo procurar responder a las necesidades de formación continua, profundización de conocimientos, formación profesional y adquisición de competencias tecnológicas en determinadas áreas específicas. El aprovechamiento y la superación de estos cursos se atestigua mediante un certificado emitido por el Consejo Directivo de la Facultad.

*Cursos de Postgrado de Especialización.* Los cursos de postgrado de especialización no confieren grado académico e implican la profundización de conocimientos teóricos en áreas consolidadas del saber, la apertura de nuevos dominios científicos y la adquisición de competencias prácticas o tecnológicas en áreas especializadas de actividades profesionales. Estos cursos pueden ser considerados equivalentes para los efectos para el seguimiento de estudios de los postgraduados a los cursos de especialización (parte curricular de Máster) para los estudiantes que hayan obtenido, por lo menos, una clasificación de Buena. El aprovechamiento y la superación de estos cursos se certifica mediante un diploma emitido por el Rector de la Universidad.

*Máster.* La atribución del grado de Máster está regulada por el Decreto-Ley nº 216/92 del 13 de octubre. Pueden ser candidatos a los cursos de Máster los titulares al grado de licenciatura o equivalentes con una clasificación mínima de 14 valores. Excepcionalmente, pueden ser admitidos licenciados con una clasificación inferior, dependiendo de la apreciación curricular efectuada por los órganos competentes. Los candidatos deben verificar las condiciones de acceso complementarias exigidas por cada curso de Máster. Los cursos de Máster tienen una duración de 4 semestres. El primer año integra una parte curricular (equivalente a un mínimo de 60 créditos ECTS). El segundo año se realiza un proyecto original, terminando con su exposición pública y defensa. El Título de Máster es certificado mediante una carta magistral. La parte curricular del programa de Máster, correspondiente al curso de especialización, confiere el derecho a un diploma. Actualmente, la oferta en Máster en Bioquímica es escasa ya que se está produciendo la conversión del sistema tradicional (Unidades de crédito) en sistema ECTS. Los cursos se dan en lengua portuguesa, aunque, la defensa del proyecto se puede realizar en inglés.

Las universidades y títulos de postgrado analizados en Portugal se muestran en la siguiente tabla.

<b>Universidad</b>	<b>Titulaciones Postgrado</b>	<b>Años/ECTS</b>	<b>Proyecto</b>
<b>Universidade do Lisboa</b>	<b>Bioquímica Aplicada y Científica</b>	120 ECTS	Investigación
	<b>Química y Bioquímica</b>	1 año / 60 ECTS	No
	<b>Biotecnología-Ingeniería Bioquímica</b>	120 ECTS	Investigación
<b>Universidade de Évora</b>	<b>Análisis Clínico</b>	50 ECTS	No
<b>Universidade de Coimbra</b>	<b>Ingeniería Bioquímica</b>	60 ECTS	No
<b>Universidade do Algarve</b>	<b>Biotecnología</b>	2 años (4 semestres)	No
<b>Universidade do Aveiro</b>	<b>Curso de Formación Especializada en Extracción Separación y Caracterización de Productos Naturales</b>		No
<b>Universidade do Minho</b>	<b>Biotecnología e Ingeniería de Procesos</b>	1 año / 60 ECTS	Investigación

## **1.4 Conclusiones del análisis de los estudios europeos de grado y post-grado de Bioquímica y Biotecnología.**

### **1.4.1. Conclusiones del análisis global de las titulaciones de grado de Bioquímica y Biotecnología en la UE:**

- Los títulos de grado de Bioquímica y de Biotecnología están implantados en todos los países europeos analizados (13). El curriculum formativo es mayoritariamente de 3 años, organizado en 6 semestres. También existen algunos casos con 4 años de duración.
- Todos los países estudiados están ya aplicando (o tienen previsto hacerlo en el próximo curso 2005/06) el nuevo sistema ECTS en la organización de sus enseñanzas Universitarias. El curriculum formativo de grado da un promedio de 196 ECTS (rango 180-300 ECTS), siendo lo más habitual 180 ECTS completados en tres años.
- La mayoría de las titulaciones (80%) analizadas requieren un proyecto fin de carrera para la obtención del grado en Bioquímica y/o Biotecnología

### **1.4.2. Conclusiones del análisis global de las titulaciones de post-grado (Máster) de Bioquímica y Biotecnología en la UE:**

- Los títulos de Máster de Bioquímica y de Biotecnología están implantados en todos los países europeos analizados (13). El curriculum formativo de post-grado es mayoritariamente de 2 años, organizado en 4 semestres. También existen algunos casos con 1 o 3 años de duración.
- Todos los países estudiados están ya aplicando (o tienen previsto hacerlo en el próximo curso 2005/06) el sistema ECTS en la organización de sus enseñanzas de post-grado. El curriculum formativo de post-grado da un promedio de 112 ECTS (rango 60-180 ECTS), siendo lo más habitual 120 ECTS completados en dos años.
- La mayoría de las titulaciones analizadas (87%) requieren un proyecto de post-grado para la obtención del Máster en Bioquímica y/o Biotecnología

### **1.4.3 Conclusiones generales sobre el estudio de la organización detallada de los estudios de grado de Bioquímica y Biotecnología en la UE.**

***Objetivo de las titulaciones de grado de Bioquímica y de Biotecnología.*** El objetivo final de ambas titulaciones es claramente distinto, aunque compartan conocimientos necesarios para ambas titulaciones, en todas las titulaciones de países europeos analizados y de forma sucinta se puede definir como:

a) El objetivo de la formación de un Bioquímico es, en términos generales, hacer que el estudiante al finalizar sus estudios de Bioquímica disponga de las herramientas conceptuales, manuales y técnicas para poder entender y manejar desde el punto de vista molecular los procesos de transformación que los seres vivos llevan a cabo para realizar sus funciones propias tanto energéticas como informacionales.

b) El objetivo de formación de un Biotecnólogo es, en términos generales, hacer que el estudiante al finalizar sus estudios de Biotecnología disponga de las herramientas conceptuales, manuales y técnicas para mejorar procesos industriales y desarrollar nuevos procesos basándose en el conocimiento y mejora de las transformaciones que llevan a cabo los seres vivos y con aplicaciones en diversas áreas: química, agricultura, sanidad, etc

***Duración de los grados de Bioquímica y de Biotecnología.*** Como ya se ha indicado en las conclusiones generales la duración de los títulos de grado de Bioquímica y Biotecnología tiene un amplio consenso hacia los tres años y 180 ECTS, con notables excepciones como también se ha indicado.

***Requisitos y recomendaciones para acceder a los estudios de grado.*** En algunas universidades europeas con objeto de equiparar el nivel de conocimientos y destrezas de los alumnos, y dependiendo del currículum previo de formación, se exige a los alumnos una serie de cursos puente o de homologación de nivel. Otra opción es plantear un primer año común para todas las ciencias experimentales que nivele los conocimientos de los alumnos que acceden a los estudios universitarios (curso 0). La admisión en España a los estudios de grado está claramente definida por ley después de completar los estudios de secundaria y bachillerato, y cada uno de los estados miembros de la UE lo regula independientemente. También en algunas universidades se puede acceder directamente a los estudios de grado si se supera un examen específico de entrada,

aunque no se tenga la titulación de nivel inferior habitualmente requerida en el país correspondiente.

**Estructura de los grados.** Los tres esquemas de la estructura de grado detectados en el análisis de los estudios de grado europeo son:

- a) 2 licenciaturas independientes.
- b) 2 licenciaturas con un tronco de contenidos común 1 o 2 años y el resto de contenidos independientes
- c) 2 licenciaturas independientes con contenidos comunes y diferenciados desde el primer año de los estudios de grado.

En algunas universidades europeas se dan titulaciones independientes (modelo a), también hay universidades que contemplan una parte de estudios comunes seguidos de la diversificación propia a cada titulación (modelo b); y el tercer modelo es la titulación independiente con contenidos comunes y diferenciados desde el primer año. El objeto de la organización a) y c) es que los estudiantes adquieran desde el principio la pertenencia a un colectivo definido profesionalmente lo que según algunos expertos mejora el rendimiento e integración del alumno.

**Organización y contenidos docentes.** En los estudios de grado de Bioquímica y Biotecnología analizados cada año consta de 2 semestres (en nuestro entorno serían más cuatrimestres) de 30 ECTS cada uno, por lo que el total son 6 semestres y 180 ECTS. El cómputo de horas por ECTS es de 25-30h.

El número de asignaturas por semestre es variable, así como el número de créditos ECTS por asignatura. Los valores (mínimo y máximo) son de 8 a 12 asignaturas por año y de 5-15 ECTS por asignatura. Las asignaturas de 15 ECTS (a excepción del proyecto final de carrera o de grado, ver más abajo) suelen ser anuales, por lo que en realidad serían 7.5 ECTS por semestre. El promedio es de 4 a 6 asignaturas por semestre con un valor promedio de créditos de 6 ECTS.

Con el objeto de llevar a cabo su análisis se han ordenado los contenidos de las asignaturas de Bioquímica y Biotecnología en bloques temáticos en los que, y a no ser que se indique lo contrario, los ECTS se refieren a la troncalidad. Estos mismos bloques temáticos serán posteriormente utilizados para realizar la propuesta de la ordenación de las titulaciones de grado de Bioquímica y Biotecnología para España.

- **Química para las Biociencias Moleculares.** En este bloque se ha incluido toda la docencia de Química General, Inorgánica y Orgánica. En las

recomendaciones de la Biochemical Society y de la ASBM se asignan un total de 15ECTS para este bloque como mínimo. La mayor parte de las Universidades del Reino Unido siguen este criterio, y en otras universidades europeas el intervalo está entre 12 y 18 ECTS.

- **Fundamentos de Biología.** En este bloque se ha incluido toda la docencia relativa a: Biología Celular, Histología, Genética y Microbiología. Los ECTS asignados en este bloque en diferentes países es difícil de cuantificar porque están distribuidos en varias asignaturas, pero el intervalo está entre 12 y 18 ECTS.
- **Física, Matemática e Informática para las Biociencias Moleculares.** La física como asignatura independiente no está incluida más que en las recomendaciones de la ASBM, pero forma parte sin duda de todas las titulaciones de Bioquímica y Biotecnología. Es más frecuente encontrar Química-Física como asignatura y cuyo contenido fundamentalmente es el análisis energético y cinético del equilibrio químico. Las matemáticas (cálculo, álgebra y bioestadística) aparecen en todas las licenciaturas europeas analizadas, así como la bioinformática. El número de ECTS varía pero se puede considerar que de Bioinformática y Bioestadística el mínimo son 6 ECTS y el máximo 15 (con optatividad). En el caso de las Matemáticas (cálculo y álgebra) pueden aparecer como troncal u optativa con un intervalo de 5 a 10 ECTS. Por tanto en este bloque el número de ECTS podría oscilar entre 11 y 25 ECTS.
- **Métodos Instrumentales Cuantitativos y Biología Molecular de Sistemas.** En todos los programas de grado de Bioquímica y Biotecnología aparece un contenido común: Ingeniería genética (manipulación genética o técnicas de clonaje) al que se le asignan un mínimo de 6 créditos y un máximo de 7,5 ECTS que puede considerarse como parte instrumental, aunque su aspecto cuantitativo es menos universalmente aceptado. Las otras técnicas instrumentales cuantitativas de Bioquímica y Biotecnología vienen recogidas con diferentes denominaciones con un total máximo de 7,5 ECTS. La parte de Biología Molecular de Sistemas no está recogida como tal denominación en ningún programa, sus contenidos se recogen como asignaturas de ambos grados: proteómica, análisis genómicos, “gene-profiling”, etc. De igual forma aparece recogida en las recomendaciones de la Biochemical Society para el



grado de Bioquímica como “Genome projects and genomic resources, Concepts of the proteome, transcriptome and metabolome” no dando una recomendación sobre el número de créditos. Este bloque oscila por tanto en el número de ECTS entre 10 y 15 ECTS.

- **Bioquímica y Biología Molecular.** Con diferentes denominaciones aparece en todos los programas de Bioquímica y Biotecnología. Se incluye en este bloque: Estructura y función de macromoléculas, Enzimología, Biofísica, Metabolismo y su regulación, Expresión génica, y otras. Este es el núcleo de las licenciaturas de Bioquímica y de Biotecnología y se le asignan entre 30-45 ECTS repartidos en varias asignaturas.
- **Integración fisiológica y aplicaciones de la Bioquímica y Biología Molecular.** En este bloque se ha incluido muchas materias que son de aplicación directa de la Bioquímica y Biología Molecular a diferentes ciencias de la vida. Estas aplicaciones aunque no están reconocidas en el currículo mínimo para Bioquímica, ni de la Biochemical Society, ni de la ASBM, aparecen en casi todos los títulos de grado analizados con diferentes títulos de asignaturas: Inmunología, Biología del Desarrollo, Microbiología y Virología, Genómica de plantas, Fisiología integrada, Bioquímica clínica, Patología Molecular, etc. Este bloque tiene un número de ECTS variable desde 12 a 30 ECTS y en general se puede configurar con bastante optatividad de elección para el alumno.
- **Bioingeniería y Procesos Biotecnológicos.** Este es el bloque específico de Biotecnología que no se encuentra en los grados de Bioquímica e incluye asignaturas que van desde una introducción a los procesos biotecnológicos a asignaturas específicas de diseño de reactores y bioprocesos. El número de ECTS asignados a este bloque va de 30-45 ECTS específicos para el grado de Biotecnología.
- **Aspectos Sociales y Económicos de la Bioquímica y la Biotecnología.** En este apartado se han incluido diferentes aspectos socio-económicos y de comunicación de gran importancia en las aplicaciones tanto de Bioquímica como de Biotecnología. El número de ECTS asignados a este bloque varía mucho, en algunos programas de grado no se menciona, en otros forma parte de la optatividad y en otros hay algunas asignaturas troncales con esta

orientación. Los nombres de las asignaturas varían: Objetivos, métodos y valor de la Ciencia, Comunicación de Ideas Científicas, Bioética, Principios de gestión de empresas, Comercio electrónico, etc. El número de ECTS global para este bloque oscila entre 6 y 15 ECTS con optatividad.

- **Proyecto de grado, o de fin de carrera.** En la mayoría de las titulaciones, durante el tercer año, es obligatorio realizar un proyecto de investigación ya sea en la propia universidad, o en un laboratorio de la industria o de otras instituciones. El proyecto de investigación además de poderse realizar en un laboratorio también puede estar basado en el uso de ordenador (bioinformática, análisis estadístico de datos, etc.) o en estudios bibliográficos. En todas las universidades, el tiempo dedicado al proyecto es considerable, variando entre 15 y 30 ECTS. El proyecto se realiza bien durante todo el tercer curso (tres días a la semana de estancia en el laboratorio), o bien en el segundo semestre, a tiempo completo, una vez finalizados todos los exámenes (a partir de marzo). Además de la estancia en el laboratorio (entre 12 y 20 semanas) el proyecto de investigación incluye siempre la redacción de la memoria y muy frecuentemente su presentación oral. En una minoría de universidades el proyecto es opcional.

**Metodología docente.** La organización docente en teoría y prácticas sigue tres modelos: a) Cada asignatura tiene su componente práctico asociado en el cómputo total de ECTS asignados; b) Existen asignaturas específicas prácticas y c) Combinación de los modelos anteriores dependiendo de las asignaturas.

Los métodos docentes se han analizado de forma global clasificándolos, cuando se disponía de la información, en los siguientes modos:

- Tradicional: Lección magistral, prácticas, problemas y seminarios.
- PBL: docencia basada en el uso de problema reales y su resolución para el aprendizaje (problem based learning).
- Web: docencia con utilización de la red como soporte para las actividades de alumnos y profesores.
- Mixto: Uso de la metodología tradicional y de PBL.
- Todos: Cuando se usan los tres tipos básicos: tradicional, PBL y web. Con diferente grado de implantación dependiente del tipo de asignaturas.
- El análisis realizado indica que no hay homogeneidad en los métodos docentes, algunos títulos de grado siguen el modelo tradicional de enseñanza y aprendizaje, mientras que otros usan en mayor o menor proporción la aproximación de PBL y de materiales en la web.

**Métodos de evaluación.** La evaluación en todos aquellos grados que están adaptados al sistema ECTS es continuada. Durante el aprendizaje de las asignaturas se introducen evaluaciones sobre la materia cubierta hasta el momento de la evaluación, se evalúan los trabajos, presentaciones, supuestos prácticos, discusiones, etc. Toda esa evaluación suele ir acompañada de una evaluación final, consistente en un examen que puede constar de preguntas objetivas de test, supuestos prácticos o problemas y ensayo libre sobre un tema. Los estudiantes suelen saber lo que cuenta cada parte de la evaluación para la puntuación final.

Es importante destacar como, en el caso de Francia y Reino Unido, el procedimiento de evaluación de las asignaturas de cada semestre tiene como objetivo preservar la planificación global del proceso enseñanza-aprendizaje de todo el Título de Grado. El éxito del sistema ECTS es claramente dependiente de una aplicación coherente y precisa de la organización temporal de los programas de aprendizaje. Por esta razón es necesario establecer mecanismos de gestión de los alumnos suspensos. En Francia y Reino Unido tras la finalización de los exámenes de cada semestre, una comisión formada por todos los profesores de dicho semestre establece una calificación global del mismo para cada estudiante a partir de las calificaciones obtenidas en los exámenes de las asignaturas independientes. El estudiante deberá superar el semestre completo obteniendo una calificación global media superior a 5.0 (sistema español) a partir de las calificaciones individuales de cada asignatura evaluada, que en cualquier caso deberán ser superiores a 3,5 (en el sistema español). En caso contrario, el alumno no supera dicho semestre. Además, al finalizar el correspondiente año académico se establece también una valoración global del año académico sobre la base de las calificaciones globales de ambos semestres cursados. En esta evaluación del año académico se puede compensar un semestre no superado con haber superado con brillantez el otro semestre del año, y se obtiene con ello una calificación global positiva del año académico. Si las calificaciones globales de cada semestre son inferiores a un límite establecido no puede haber compensación. En este último caso el estudiante está obligado a repetir el (o los) semestre(s) no superados por completo y sin opción a matricularse de cursos superiores hasta su superación definitiva. Este procedimiento garantiza plenamente la organización del aprendizaje puesto que todos los estudiantes para pasar de un año al siguiente de sus estudios tienen suficiente nivel para continuar su aprendizaje. La razón fundamental es que la organización temporal del quehacer diario de un estudiante en el nuevo sistema de aprendizaje hace incompatible que puedan cursarse todas las asignaturas de un

semestre y asignaturas de semestres de cursos anteriores, cuyos horarios y actividades necesariamente solapan, haciendo físicamente imposible que pueda realizarlo adecuadamente.

#### **1.4.4 Conclusiones generales sobre el estudio de la organización detallada de los estudios de post-grado de Bioquímica y Biotecnología en la UE.**

***Objetivos de las titulaciones de post- grado de Bioquímica y Biotecnología.*** El objetivo es proporcionar un sólido conocimiento de aspectos concretos de la Bioquímica y Biotecnología que capacite a los estudiantes para el desarrollo de su actividad profesional futura en investigación en organismos/centros públicos o privados, industrias biotecnológicas, docencia, divulgación científica, gestión y otras labores relacionadas con estas ciencias según la orientación determinada por el Máster.

Para cumplir este objetivo, se llevarán a cabo los estudios y actividades del Máster que permitan:

- i) Alcanzar una formación en las disciplinas de especialización y en los avances técnicos con mayor relevancia actual
- ii) Adquirir una visión multidisciplinar de los abordajes científicos a los problemas biológicos
- iii) Adquirir una formación práctica en las materias y metodologías actuales
- iv) Utilizar competencias transversales que le doten de capacidades útiles y las especializaciones que determinen el tipo de Máster (comunicación en inglés, organización y gestión, computación, etc..)

***Duración de los Másteres.*** De los Másteres analizados en las diferentes universidades europeas se puede concluir que la duración más general es de 2 años. Sin embargo, en algunas universidades ofrecen Másteres de 90 ECTS. El rango va de 1 a 2 años El hecho de que haya grados de 4 años (240 ECTS) provoca que en algunas universidades para acceder a la realización de la Tesis Doctoral tengan que emplearse 6 años mientras que en otros casos se puede hacer en 5 años.

**Requisitos para acceder a los Másteres.** En todos los Másteres analizados se requiere:

- a. Estar en posesión de una Titulación de Grado (al menos 180 ECTS) preferentemente en Ciencias (Bioquímica, Biotecnología, Química, Biología, etc.), o en alguna carrera Tecnológica, Medicina, Veterinaria, Farmacia o disciplinas relacionadas.
- b. Tener un nivel mínimo de inglés leído y escrito. En algunos casos la docencia se imparte solamente en inglés (Másteres con proyección internacional).

**Estructura y organización.** La estructura de un “Máster tipo” de 2 años y 120 ECTS y los porcentajes de los diferentes módulos del Máster tipo se organizan en:

- a. Módulos teóricos-prácticos. Se le asignan 90 ECTS (1,5 años) y normalmente deben ser los primeros en cursarse. A su vez se dividen en
  - i. Módulos de homogeneización. Se trata de los conocimientos que tienen que adquirir los estudiantes en función de su formación previa para poder seguir el Máster. Recomendamos que este módulo tenga aproximadamente 15 ECTS suponiendo que los estudiantes proceden de grados relacionados.
  - ii. Módulo central del Máster. Éste a su vez se divide en:
    1. Módulos comunes
    2. Módulos avanzados
- b. Módulo experimental del Proyecto. El módulo experimental consiste en la realización de un proyecto de investigación que puede realizarse tanto en los laboratorios universitarios de los grupos de investigación que participan en el Máster como en las empresas o instituciones con las que el programa de Máster haya concertado un convenio a tal fin. En cualquier caso se recomienda que sea necesaria la autorización por parte de uno de los profesores del Máster.

Dado que los Másteres tienden a la especialización, suelen tener una optatividad menor al 20 % dentro del módulo central del Máster.

Dependiendo de las especialidades que se oferten se pueden encontrar Másteres ramificados que, a partir de un tronco común, pueden conducir dependiendo de las asignaturas que se cursen a la obtención de títulos diferentes. Como ejemplo de este tipo de Máster está el esquema del Máster en Biotecnología Molecular ofertado en la Universidad de Ghent (Bélgica), que desemboca en el título de Máster en Biotecnología de Plantas o Biotecnología Médica dependiendo de la rama específica que se elija. Por el contrario, en la mayoría de las Universidades estudiadas se ofertan Másteres que conducen a la obtención de un solo título, si bien se pueden personalizar a un determinado perfil en función de la optatividad. Como ejemplo extremo de este tipo de Másteres se puede tomar el Máster en Biotecnología Molecular y Bioinformática ofertado en la Universidad de Uppsala (Suecia), en el que no se ofertan asignaturas optativas, es un Máster completamente lineal.

La responsabilidad de la organización e impartición del Máster es variable puede depender de uno o varios Departamentos Universitarios, o de varias Universidades a través de convenio. También puede ser internacional (con módulos definidos impartidos en diferentes Universidades), y los más ambiciosos cuentan en la organización con varios entes públicos y privados (Universidad, Centros de Investigación y desarrollo, hospitales, empresas del área biotecnológica y afines). Este último modelo probablemente es el que genera mayor concordancia entre objetivos formativos y de profesionalización, en especial cuando intervienen empresas (véase el ejemplo de Suecia y Francia, másteres de Uppsala y de la Université Pierre et Marie Curie de Paris).

***Contenidos curriculares de los Másteres.*** Del análisis detallado de los diferentes programas de post-grado se pueden extraer consideraciones de los contenidos mínimos que deben contemplar los Másteres (ver documento de análisis de post-grado)

- a) Informática. Cualquier Máster moderno en el área de Bioquímica y Biotecnología tiene un componente importante de formación en la utilización de herramientas informáticas aplicadas al estudio y análisis de diferentes fenómenos biológicos a nivel molecular. En los Másteres analizados el mínimo es de 6 ECTS
- b) Docencia en Inglés. Cualquier Máster que pretenda tener un mínimo carácter internacional, con posibilidad de intercambio o entrar en programas de Máster conjunto con otros países debe de realizar la docencia en inglés.

- c) Las materias específicas corresponden a contenidos de formación dirigidos hacia a másteres genéricos con denominaciones como: Bioquímica (Universidad de Lisboa y Univ. Utrecht), Biología Molecular y Biotecnología (Univ. Pierre et Maria Curie y Univ. Syddansk) o bien a másteres específicos: Inmunología e Inmunogenética (Univ. de Leeds), Neurociencias, Biología de Eucariotas y Desarrollo, etc. En los Másteres profesionalizantes las materias específicas capacitan para competencias concretas o relacionadas en general con la denominación de los mismos como: Bioinformática (Univ. Leeds), Ingeniería Biomédica (Univ. Aachen), Técnicas de Bioindustrias (Univ. Cambridge) Diagnóstico celular, Genómica etc.
- d) En todos los Másteres analizados se requiere un proyecto de Máster, como ya se ha indicado anteriormente, con un mínimo de 15 ECTS.

***Métodos de evaluación.*** La evaluación de los Másteres estudiados tienen en general las siguientes características

- a. Evaluación continuada en cada módulo, problemas, discusiones interactivas, y también exámenes orales y escritos. Las prácticas y seminarios deben realizarse satisfactoriamente.
- b. Evaluación del proyecto consistente en la exposición y defensa por parte del estudiante del trabajo realizado. En el tribunal, además de profesores del Máster podrían participar responsables de las empresas / instituciones concertadas, así como doctorandos.

## **2. Modelo de Estudios Europeos Seleccionado.**

Modelo de estudios europeos seleccionado y beneficios directos que aportará a los objetivos del título la armonización que se propone

Las diferencias entre los currícula de grado en Bioquímica y Biotecnología de los diferentes países europeos analizados son muy apreciables, como se puede constatar en el punto 1 de esta memoria. Por tanto, no es oportuno, ni deseable, tomar un modelo concreto para su aplicación en España. Se ha optado por hacer una propuesta de armonización con un Grado de Bioquímica y Biotecnología genérico. Esta elección permite integrar en una sola propuesta la posibilidad de que las universidades españolas diseñen Grados de Bioquímica y Biotecnología que, manteniendo la unidad que debe esperarse de estudios en este nivel, puedan abrirse a los avances continuados que se dan en las Biociencias Moleculares

Se pueden señalar al menos tres beneficios directos de este enfoque.

- a) La inclusión entre los contenidos formativos comunes, tanto áreas con más larga tradición histórica (Enzimología, Metabolismo, Biosíntesis de macromoléculas, Ingeniería Bioquímica, etc) aquellos, igualmente importantes, que han alcanzado un gran desarrollo en el siglo XX (desde la Ingeniería genética y celular a la Biotecnología en procesos industriales).
- b) Por primera vez se proponen como contenidos formativos comunes para los Grados de Bioquímica y Biotecnología una introducción a la Biología Molecular de Sistemas. Las técnicas de análisis ómicos (Genómica, Transcriptómica, Proteómica, etc ) están revolucionando el estudio a nivel molecular de los seres vivos.
- c) Plantear un Grado de Bioquímica y Biotecnología que admita distintos perfiles profesionales hace compatibles la preparación de: futuros investigadores tanto para el sector público como privado, docentes universitarios, docentes de enseñanza secundaria (aspecto nuevo para estas titulaciones), Bioquímica aplicada con fuerte orientación biomédica y clínica (aspecto nuevo para estas titulaciones) y perfil biotecnológico. Todo ello permitirá la apertura hacia especializaciones en los programas de post-grado y Másteres que cada Universidad desarrolle en base a sus posibilidades y demanda.



### 3. Plazas ofertadas y demanda del título

#### 3.1 Estudio de las Titulaciones de Bioquímica y Biotecnología en las Universidades Españolas.

Los resultados aquí presentados recopilan los datos de las licenciaturas de Bioquímica y Biotecnología de casi todas las Universidades españolas que imparten dichas enseñanzas durante los últimos cinco cursos académicos, y han sido recogidos directamente de cada una de ellas. Aunque no ha sido posible conseguir todos los datos solicitados, sí se dispone de material suficiente para perfilar las características de ambas licenciatura a nivel del Estado Español.

##### 3.1.1. Planes de Estudio de Bioquímica y Biotecnología.-

Para analizar los Planes de Estudio de las licenciaturas en Bioquímica y Biotecnología que se están impartiendo en la actualidad hay que empezar por su duración. En la Tabla 3.1 están recogidos los datos promedio de duración en años y créditos por año y totales para ambas licenciaturas. Como se puede apreciar, la licenciatura en Bioquímica dura dos años (al ser únicamente de segundo ciclo) y tiene un promedio de 141 créditos, mientras que Biotecnología dura en promedio cuatro años y medio (cinco en dos Universidades y cuatro en las otras dos), y comprende 303,3 créditos.

<b>Plan de Estudios de la Licenciatura de Bioquímica</b>	
<b>Datos Promedio</b>	
<b>Años de duración de la enseñanza</b>	<b>2,0</b>
<b>Media de créditos por curso académico</b>	<b>70,8</b>
<b>Nº total de créditos en el Plan de Estudios</b>	<b>141,0</b>

<b>Plan de Estudios de la Licenciatura de Biotecnología</b>	
<b>Datos Promedio</b>	
<b>Años de duración de la enseñanza</b>	<b>4,5</b>
<b>Nº total de créditos en el Plan de Estudios</b>	<b>303,3</b>

**Tabla 3.1 . Duración promedio en años y contenido medio en créditos de las licenciaturas de Bioquímica y Biotecnología.**

La distribución de estos créditos en promedio para ambas licenciaturas está recogida en las Tablas 3.2 (para Bioquímica) y 3.3 (para Biotecnología). En promedio, la

licenciatura de Bioquímica cubre un 58,5% de sus créditos con doce asignaturas troncales, a las que se suman un 12% más en forma de dos asignaturas obligatorias. La optatividad cubre un 22,6% de la licenciatura, lo que equivale a unos 32 créditos que pueden cubrirse con un amplio espectro (95,7 créditos) de asignaturas optativas (18 en promedio). Esta proporción de tres créditos ofertados por cada uno que se ha de cursar permite una capacidad de elección suficientemente amplia para los estudiantes. La libre configuración cubre 15 créditos, de los cuales seis Universidades permiten utilizar parte en Prácticas de Empresa (8,3 créditos), mientras que en solo una de las universidades existe una asignatura obligatoria de universidad, de nueve créditos, que se realiza como proyecto final de carrera, ya sea en empresas, en centros de investigación o en los laboratorios de la propia universidad.

<b>Asignaturas y Créditos de la Licenciatura de Bioquímica</b>			
<b>Datos Promedios</b>			
	<b>Segundo Ciclo</b>		
	<b>Asignts.</b>	<b>Créditos</b>	<b>%</b>
<b>Troncales</b>	<b>12</b>	<b>81,9</b>	<b>58,5</b>
<b>Obligatorias</b>	<b>2</b>	<b>17,2</b>	<b>12,1</b>
<b>Optativas</b>		<b>32,0</b>	<b>22,6</b>
<b>Libre configuración</b>		<b>15,0</b>	<b>10,6</b>
<b>Trabajo de fin de carrera</b>		<b>9,0</b>	
<b>Prácticas en empresas</b>		<b>8,3</b>	
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>141,0</b>	<b>100</b>
<b>Optativas diferentes ofertadas</b>	<b>18</b>	<b>95,7</b>	

**Tabla 3.2 . Valores promedio de número de asignaturas y de créditos totales en las licenciaturas de Bioquímica.**

En cuanto a la licenciatura de Biotecnología de forma global (Tabla 3.3) hay un 64% de materias troncales (repartidas en 12 asignaturas en primer ciclo y 17 en el segundo), un 11% de asignaturas obligatorias (4 en el primer ciclo y 2 en el segundo), y un 14% de asignaturas optativas. Los 43 créditos de optatividad pueden cubrirse escogiendo entre los 107 créditos de asignaturas optativas ofertadas, lo cual también permite una gran capacidad de elección. El 10% de libre configuración (31 créditos) pueden cubrirse en parte con 9 créditos de prácticas en empresas, pero solamente en una de las cuatro universidades analizadas.

Asignaturas y Créditos de la Licenciatura de Biotecnología								
Datos Promedios								
	Primer Ciclo			Segundo Ciclo			Total Créditos	% sobre el total
	Asignts.	Créditos	%	Asignts.	Créditos	%		
<b>Troncales</b>	17	120	67,7	12	75	53,9	195	64,2
Obligatorias	4	24	13,6	2	14	10,1	35	11,4
Optativas		19	10,6		34	24,2	43	14,2
Libre configuración		14	8,1		17	11,8	31	10,2
Trabajo de fin de carrera								
Prácticas en empresas					9		9	
<b>Total</b>	21	177	100	14	139	100	303	100
Optativas diferentes ofertadas	8	41		15	86		128	

**Tabla 3.3 . Valores promedio de número de asignaturas y de créditos totales en las licenciaturas de Biotecnología.**

Los contenidos de los Planes de Estudio de Bioquímica y Biotecnología están muy relacionados entre sí. Un estudio cuantitativo de estos contenidos en todos los Planes de Estudio de cada Universidad sería muy complejo, pero si se puede comparar la troncalidad de ambas licenciaturas. Aunque para que la comparación sea significativa debería compararse solamente el segundo ciclo de Biotecnología con la licenciatura de Bioquímica. También conviene tener en cuenta que el primer ciclo de Biotecnología – a excepción de las materias del área de las ingenierías y la carga adicional en Matemáticas- es bastante similar al primer ciclo de Biología, que es una de las mayores fuentes de estudiantes de Bioquímica. La troncalidad del Plan de Estudios de Bioquímica consta de 10 materias con 63 créditos, mientras que el segundo ciclo de Biotecnología tiene 11 materias troncales, que, también están constituidas por 63 créditos. Seis de estas materias presentan similitud en sus contenidos, tal y como se muestra en la Tabla 3.4 .

Troncales de Bioquímica	Créditos	Troncales de Biotecnología	Créditos
Biología Celular	6,0	Cultivos celulares	4,5
Bioquímica y Microbiología Industriales	8,0	Biorreactores	7,5
Estructura de Macromoléculas	6,0	Química e Ingeniería de Proteínas	6,0
Genética Molecular e Ingeniería Genética	6,0	Ingeniería Genética Molecular	6,0
Inmunología	5,0	Inmunología	4,5
Metodología y Experimentación Bioquímica	5,0	Técnicas Instrumentales Avanzadas	4,5
<b>Suma</b>	<b>36,0</b>	<b>Suma</b>	<b>33,0</b>
<b>Total de Troncalidad en Bioquímica</b>	<b>63,0</b>	<b>Total de Troncalidad en Biotecnología</b>	<b>63,0</b>
<b>% de similitud en Bioquímica</b>	<b>57,1</b>	<b>% de similitud en Biotecnología</b>	<b>52,4</b>

**Tabla 3.4. Materias troncales de Bioquímica y del segundo ciclo de Biotecnología que presentan similitudes en sus contenidos**

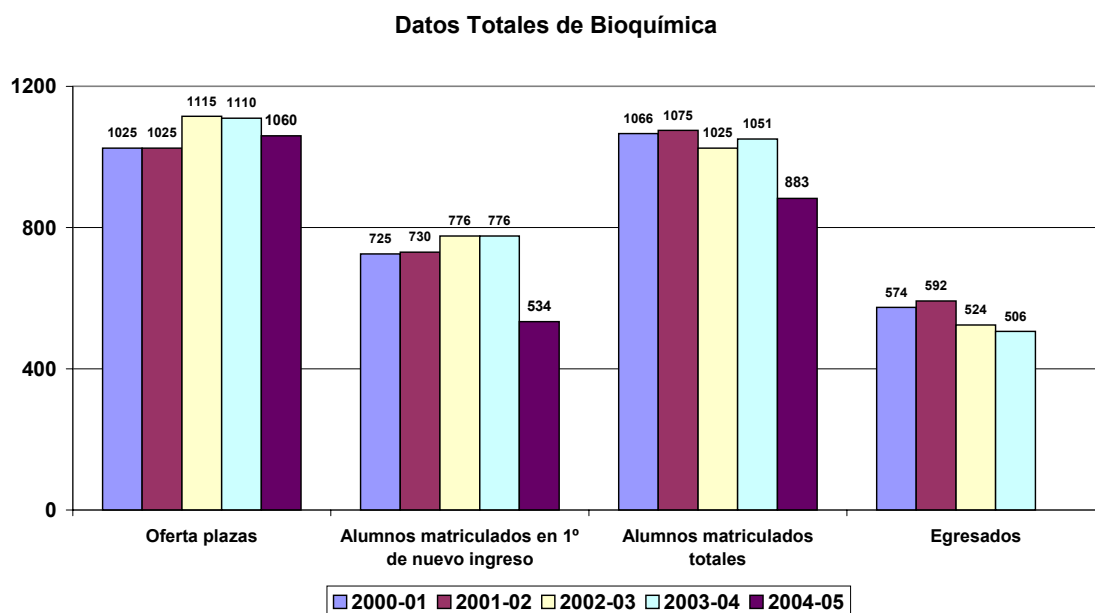
Los datos de la Tabla 3.4 muestran que hay claras similitudes en más de un 50% de la troncalidad. Sería simplista considerar que todas estas materias sean exactamente iguales en ambas licenciaturas, ya que es obvio que la coincidencia entre contenidos no es completa, y el enfoque con el que se imparten no tiene porqué ser necesariamente el mismo. A pesar de ello, estas comparaciones revelan que la similitud realmente existe, aunque sea difícilmente cuantificable. Se ha de tener en cuenta, además, que al considerar los Planes de Estudio de cada Universidad esta similitud muy posiblemente se incremente: por ejemplo, casi todas las Universidades presentan en sus Estudios de Bioquímica una optativa denominada Virología, la cual es una materia troncal del Plan de Estudios de Biotecnología.

### **3.1.2. Estudiantes de Bioquímica y Biotecnología.**

Como ya se ha indicado, los resultados sobre los estudiantes han sido recogidos para los cinco últimos años académicos, y se presentan de manera global para ambas licenciaturas. Los datos de la licenciatura de Bioquímica también se presentan organizados por Comunidades Autónomas, cosa que no se ha considerado necesaria para los datos de Biotecnología, pues provienen de cuatro Universidades y dos de ellas han iniciado la docencia en el curso 2004-2005,

En la Figura 3.1 se recogen los datos globales relacionados con los estudiantes de la licenciatura de Bioquímica obtenidos a partir de los datos suministrados por cada una de las Universidades. Algunos de los datos de esta figura merecen ser destacados. La oferta de plazas siempre es superior a las plazas de nuevo ingreso (habría que añadir que en algunas Universidades la oferta es ilimitada, lo que tal vez no queda reflejado adecuadamente en estos datos). En los cuatro últimos cursos se ha mantenido un número constante total de más de 1000 estudiantes en los dos cursos de la licenciatura de Bioquímica en toda España, un promedio de algo menos de 90 por Universidad (aunque sólo se dispone de estos datos para 11 Universidades).

En la misma Figura 3.1 se puede ver que, en general, los estudiantes de nuevo ingreso matriculados en primer curso son alrededor de un 70% del total, lo cual es un porcentaje bastante alto. Esto podría indicar que muchos estudiantes, sobre todo los que ya son licenciados, no estudian toda la licenciatura en dos cursos académicos probablemente por convalidar parte de los créditos de las asignaturas de la licenciatura de Bioquímica con asignaturas que ya han cursado en las licenciaturas de procedencia.

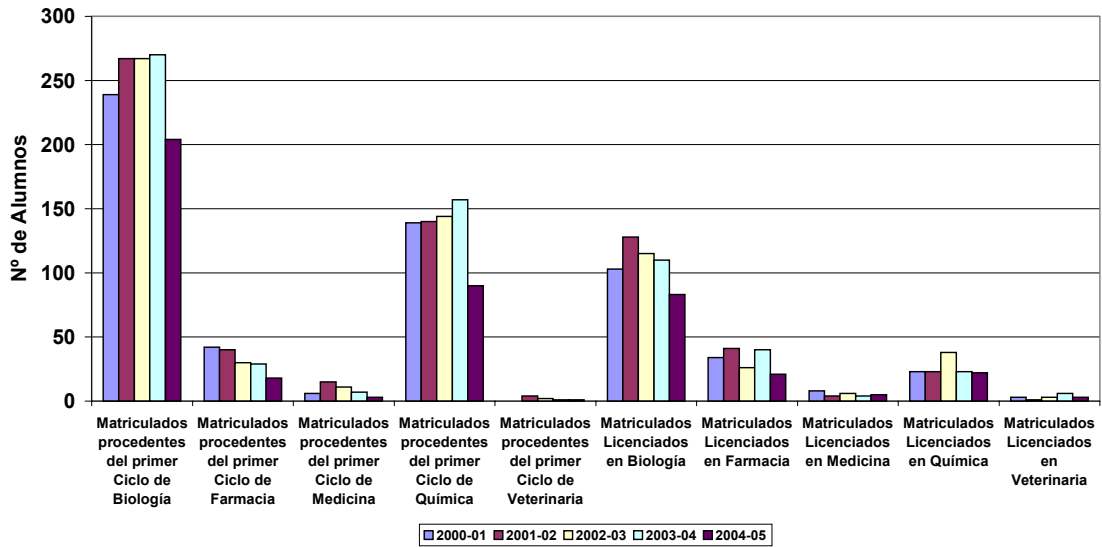


**Figura 3.1 . Resumen de los datos totales para toda España de los estudiantes de la licenciatura de Bioquímica durante los últimos 5 cursos académicos.**

La procedencia de los estudiantes de Bioquímica se resume para toda España en las Figuras 3.2 y 3.3. La mayoría del estudiantes (42%) provienen del primer ciclo de la licenciatura de Biología, mientras que un 18% son ya licenciados en Biología y un 22% son estudiantes de primer ciclo de la licenciatura de Química. Estos tres colectivos aportan, por tanto, más del 80% del estudiantes. La licenciatura de Farmacia aporta el mismo porcentaje de estudiantes de primer ciclo que de licenciados (un poco más de un 5%), mientras que las aportaciones de las licenciaturas de Medicina y de Veterinaria son considerablemente inferiores.

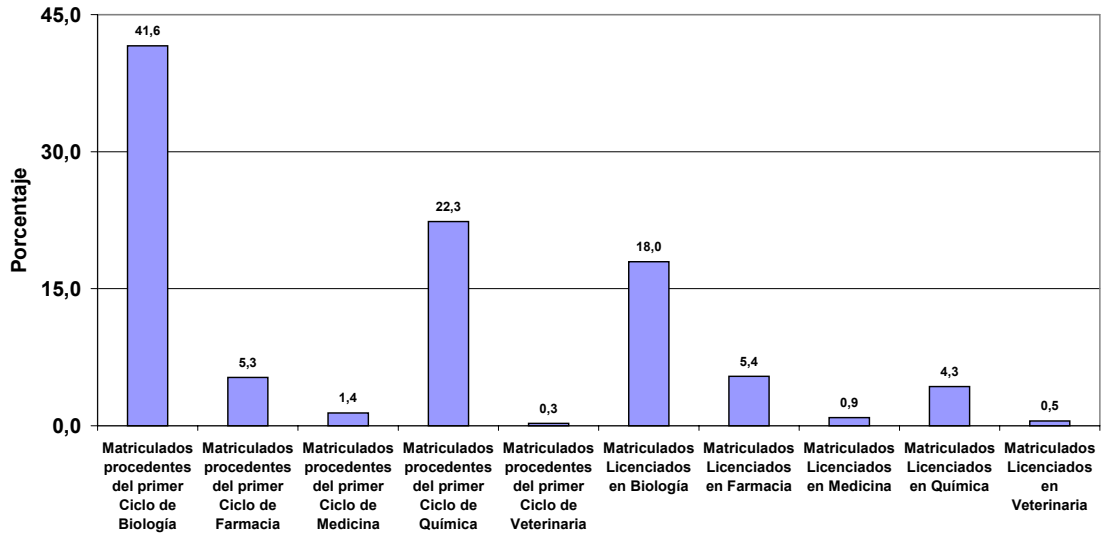
En cuanto a titulados egresados, y como se ve en la misma Figura , ha habido unos 500-600 Licenciados de Bioquímica por año en los cuatro últimos cursos. Si asumimos que el acceso se cifra en alrededor de 700, esto parece indicar que una parte del estudiantes no acaba la licenciatura en dos años, lo que tal vez tenga que ver con el hecho de que muchos de los estudiantes ya son licenciados (ver Figuras 3.2 y 3.3), por lo que quizás no se sientan tan presionados para acabar sus estudios, al tener ya un título que les capacita para aceptar una posible oferta de empleo.

### Procedencia de los Alumnos

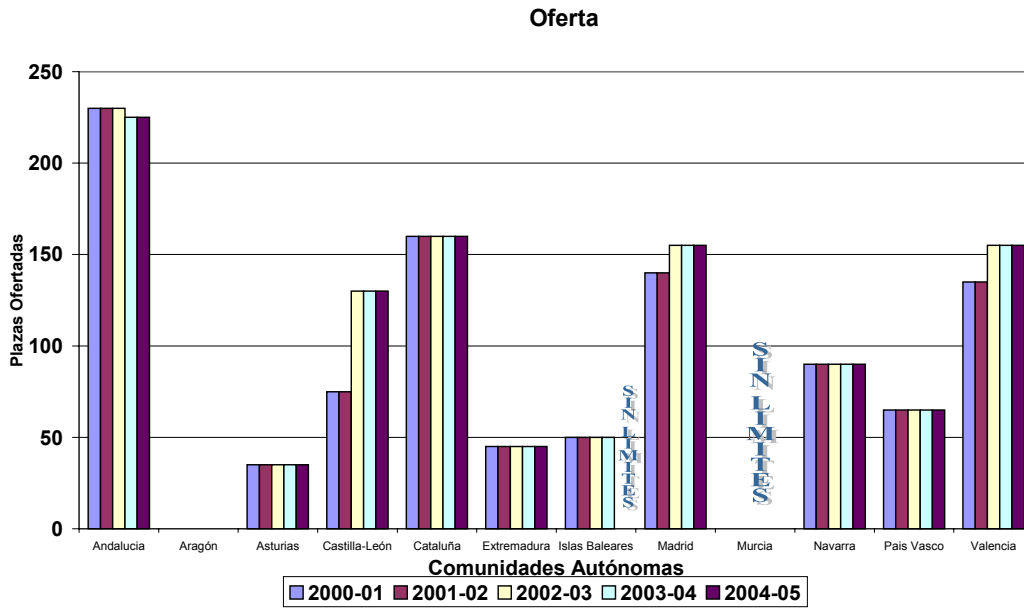


**Figura 3.2 . Resumen de los datos totales para toda España de la procedencia de estudiantes de la licenciatura de Bioquímica durante los últimos 5 cursos académicos.**

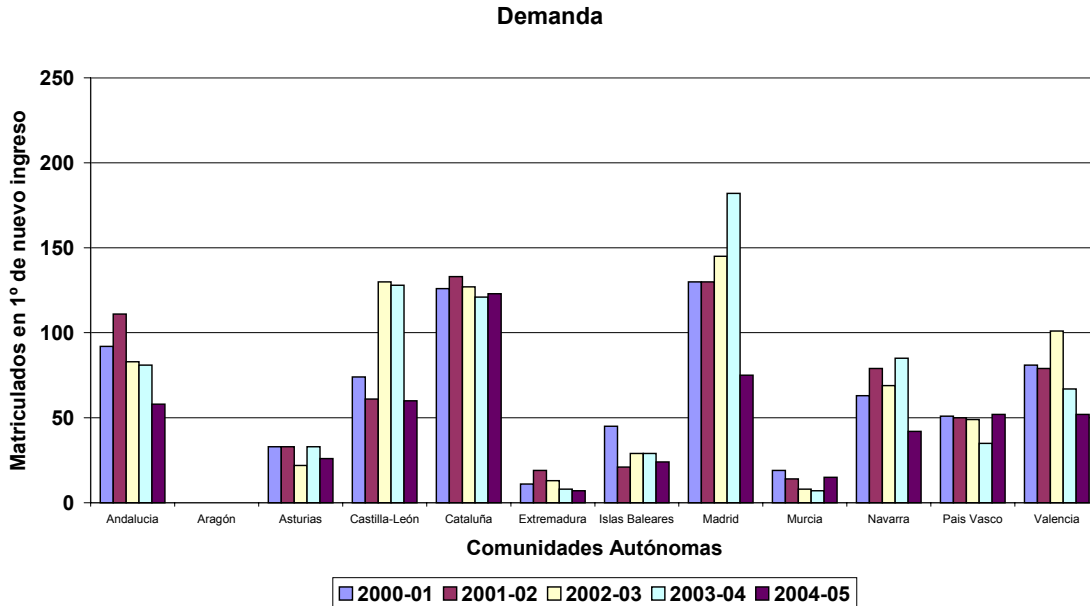
### Alumnos totales por procedencia (%)



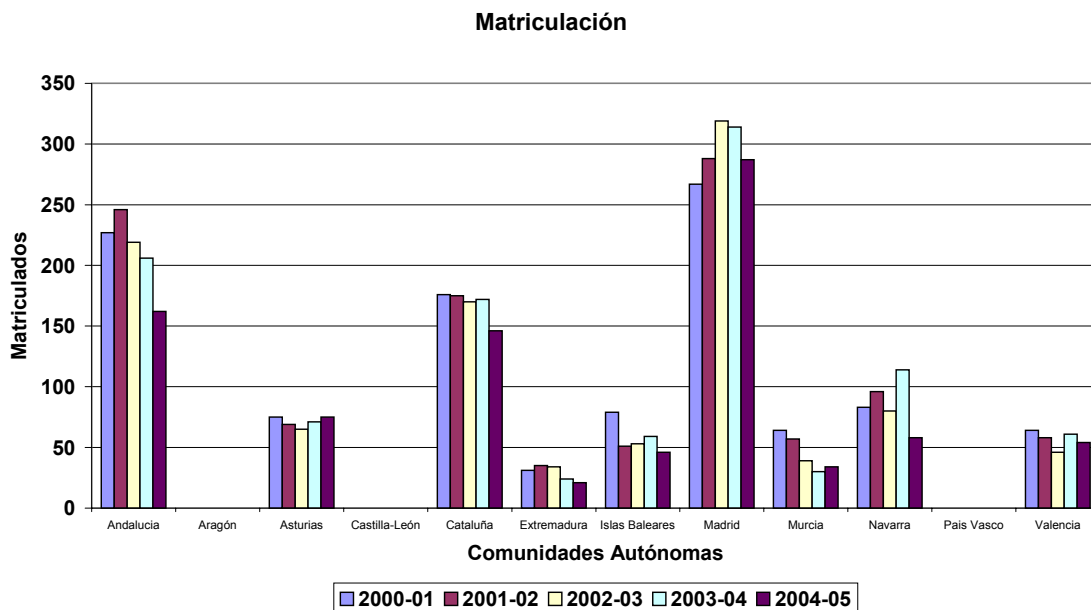
**Figura 3.3. Procedencia de estudiantes de la licenciatura de Bioquímica expresada en porcentaje respecto al total de estudiantes de Bioquímica.**



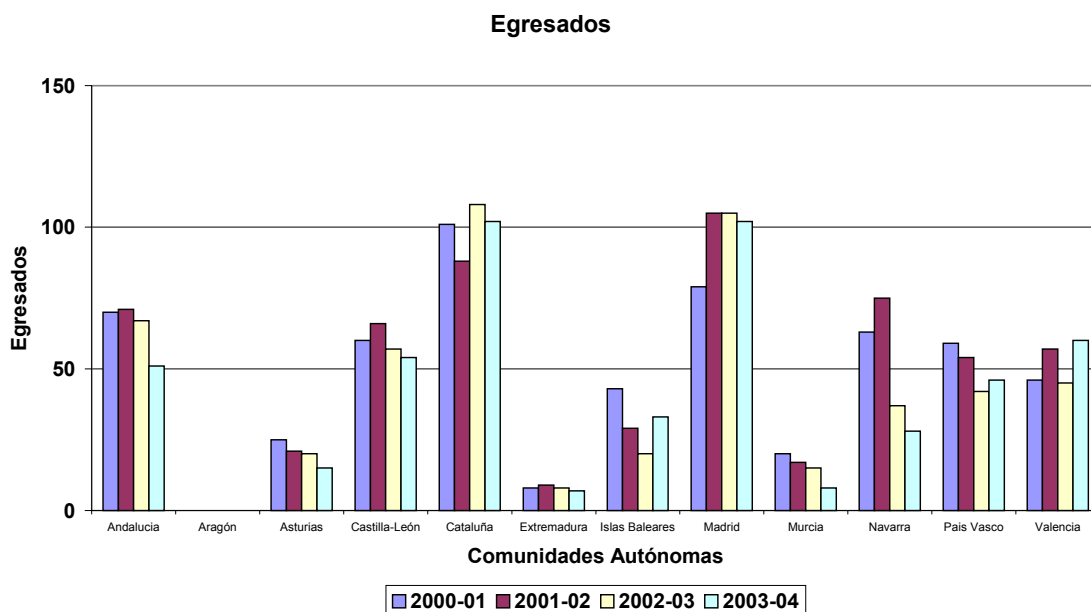
**Figura 3.4 . Oferta de plazas de la licenciatura de Bioquímica durante los últimos 5 cursos académicos organizadas por Comunidades Autónomas.**



**Figura 3.5 . Demanda de plazas (estudiantes matriculados en 1º de nuevo ingreso) de la licenciatura de Bioquímica durante los últimos 5 cursos académicos organizada por Comunidades Autónomas.**



**Figura 3.6 . Estudiantes matriculados en la licenciatura de Bioquímica durante los últimos 5 cursos académicos organizados por Comunidades Autónomas.**



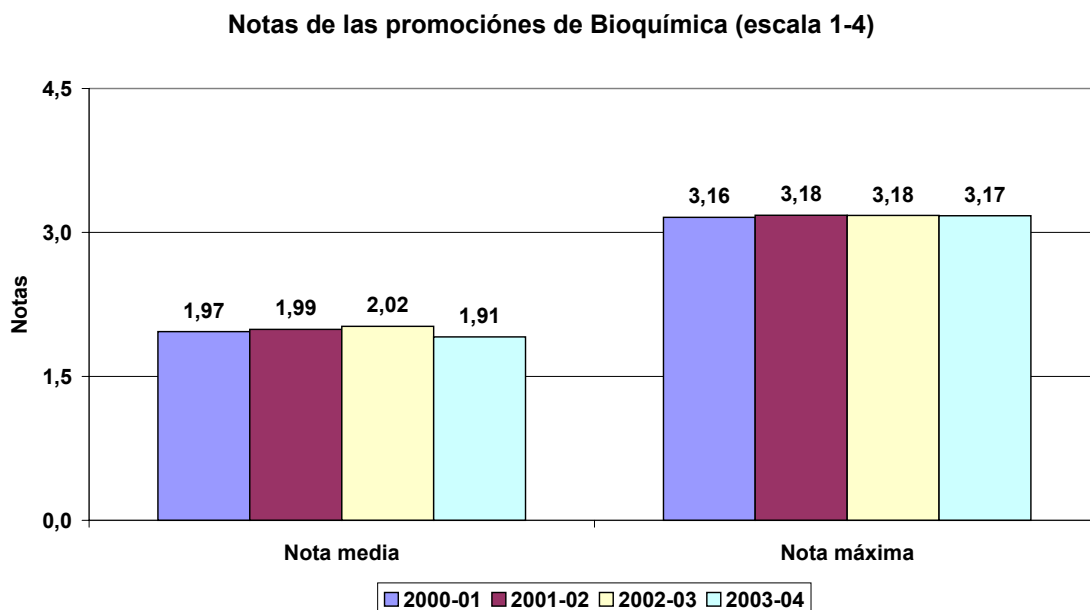
**Figura 3.7 . Número de egresados de la licenciatura de Bioquímica durante los últimos 4 cursos académicos organizados por Comunidades Autónomas.**

Finalmente, los resultados de oferta, matriculados en 1º de nuevo ingreso, matriculados totales y egresados en las diferentes Comunidades Autónomas están representados en las Figuras 3.4 a 3.7. Como puede observarse en las figuras, los valores numéricos son



mayores en las Comunidades que poseen más de una Universidad impartiendo Bioquímica, especialmente Madrid y Cataluña. Lamentablemente, se carece de datos para algunas Universidades.

En la Figura 3.8 se recogen las notas promedio (alrededor de 2,0) y las notas máximas (alrededor de 3,1) de los egresados de la licenciatura de Bioquímica, lo que pone de manifiesto la alta calificación de estos egresados.

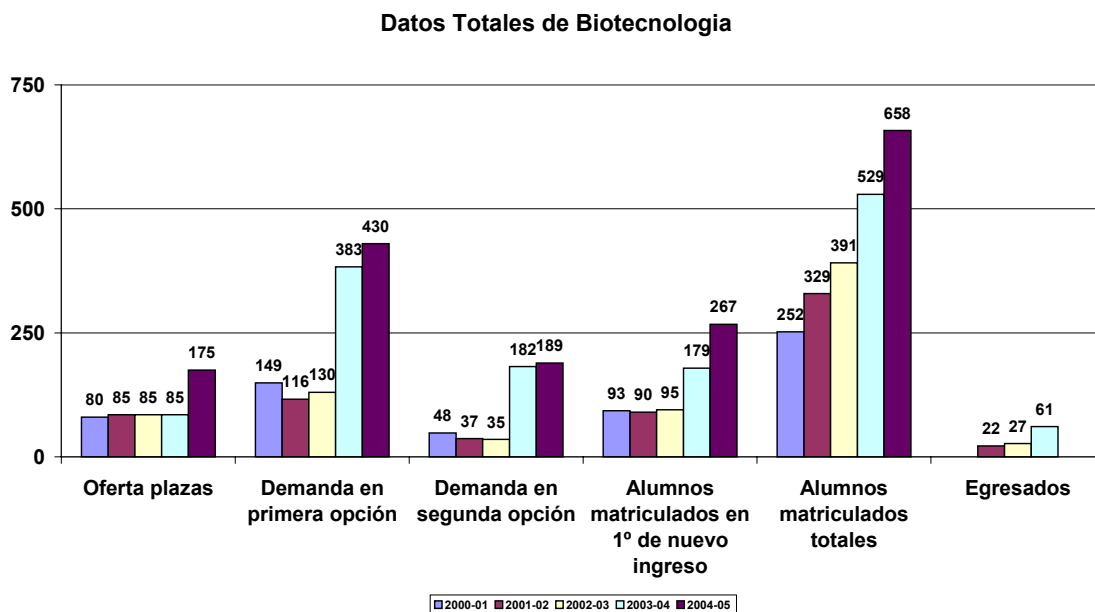


**Figura 3.8 . Notas promedio y máxima de los egresados de la licenciatura de Bioquímica durante los últimos 4 cursos académicos.**

Es importante resaltar que la licenciatura de Bioquímica tiene actualmente una restricción importante, ya que sólo pueden acceder a ella aquellos estudiantes que hayan superado un primer ciclo completo, sin asignaturas pendientes, de Biología, Química, Farmacia, Veterinaria o Medicina. La existencia de esta limitación se traduce en que el nivel de formación de los estudiantes que acceden es mejor como muestra que sus calificaciones sean más altas.

Los datos sobre la licenciatura de Biotecnología son mucho más escasos debido al reducido número de Universidades que la imparten. Los datos recogidos en su mayoría proceden de la Universidad Autónoma de Barcelona y no son suficientes para tener una idea de cómo está funcionando esta licenciatura a nivel del estado. Así, en la Figura 3.9 se recogen los datos globales relacionados con los estudiantes de la licenciatura de Biotecnología, obtenidos también a partir de los datos suministrados por cada una de las

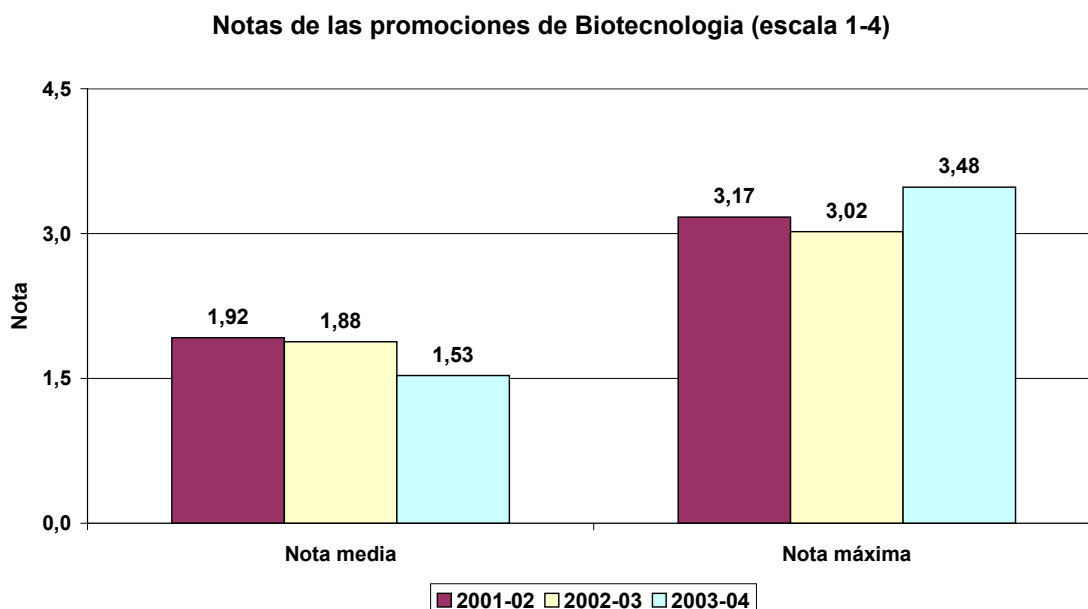
Universidades. Es fácil apreciar el gran interés de los estudiantes por esta licenciatura, ya que la demanda en primera opción supera con mucho la oferta de plazas (como hemos indicado antes, una de las Universidades ofrece plazas ilimitadas, lo que puede ser que no quede reflejado adecuadamente en estos datos). Este interés se pone de manifiesto en que la nota de corte promedio para el ingreso en los cinco años estudiados es elevada, siendo de 6,85 para la Universidad Autónoma de Barcelona, la única con datos significativos de todo este período.



**Figura 3.9 . Resumen de los datos totales para toda España de estudiantes de la licenciatura de Biotecnología durante los últimos 5 cursos académicos.**

Es también importante señalar que el número de estudiantes totales se ha incrementado en los dos últimos años, especialmente debido a la implantación de la licenciatura de Biotecnología en más universidades. A la hora de comparar los números absolutos es conveniente tener en cuenta que Biotecnología es una licenciatura de primer y segundo ciclo, mientras que Bioquímica es solamente de segundo ciclo con las restricciones que se han mencionado anteriormente. También es importante resaltar que los datos de egresados de Biotecnología corresponden únicamente a la Universidad Autónoma de Barcelona. En las demás Universidades en las que se imparte Biotecnología no ha finalizado aún ninguna promoción, con lo que los datos de egresados no se pueden comparar con los relativos a matriculación global.

En la Figura 3.10 se recogen las notas promedio y las notas máximas de los egresados de la licenciatura de Biotecnología, aunque, como se ha indicado antes, estos valores corresponden solamente a la Universidad Autónoma de Barcelona. En las notas de estos estudiantes de Biotecnología se tiene en cuenta las notas de primer ciclo, puesto que son de la misma licenciatura. Dado que en la mayor parte de las licenciaturas las notas de primer ciclo son más bajas que las de segundo ciclo, esto podría explicar el hecho de que las notas medias de los estudiantes de Biotecnología sean ligeramente inferiores a las de los estudiantes de la licenciatura de Bioquímica (sobre todo en el último año académico analizado).



**Figura 3.10 . Notas promedio y máximas de los egresados de la licenciatura de Biotecnología durante los últimos 4 cursos académicos.**

En resumen, ambas licenciaturas presentan un buen perfil académico, con calificaciones altas, lo que se puede considerar una de sus principales fortalezas ya que demuestra un considerable grado de interés de los estudiantes y una elevada calidad. La entrada de nuevos estudiantes es también un punto importante, sobre todo en la licenciatura de Biotecnología, donde la demanda supera a la oferta. Sin embargo, la diferente procedencia de estos estudiantes es la principal debilidad de la licenciatura de Bioquímica, consecuencia directa de ser solamente una licenciatura de segundo ciclo, un problema que se espera que se resuelva en breve.

### **3.2. Encuesta sobre la satisfacción con los títulos actuales de licenciado en Bioquímica y Biotecnología.**

Aprovechando la encuesta que había que realizar para los perfiles profesionales y competencias de los mismos, incluimos una serie de preguntas sobre la satisfacción y el nivel de conocimientos adquiridos por los actuales licenciados de Bioquímica y Biotecnología tanto a licenciados como a profesores de Bioquímica y Biotecnología y a los empleadores.

Se preguntó sobre la calificación que les merece la formación teórica y práctica alcanzada por los licenciados en una escala de 1-10 para las dos titulaciones de Bioquímica y Biotecnología actuales en sus respectivas Universidades. En opinión de los profesores de Bioquímica la formación teórica y práctica de los actuales egresados en Bioquímica merece una calificación en torno a 8. Para Biotecnología, los profesores que imparten docencia en esta licenciatura valoran mejor el nivel que alcanzan los licenciados en teoría que en la práctica, siendo el promedio de 8 para la teoría y de 6 para la formación práctica. Las mismas preguntas se realizaron en la encuesta a licenciados actuales en Bioquímica y Biotecnología y los resultados muestran que el promedio es de 8 y 7 para la formación teórica y práctica respectivamente, para ambas titulaciones en opinión de los licenciados. Los empleadores dan una calificación promedio de 8 y 7 para la formación teórica y práctica de los actuales licenciados en Bioquímica, y no es significativo el número de empleadores que han tenido en su grupo o empresa licenciados en Biotecnología. En conclusión podemos decir que hay una buena opinión en los tres sectores encuestados sobre el nivel de formación que se alcanza con las actuales licenciaturas de Bioquímica y Biotecnología.

### **3.3. Bioquímica y Biotecnología en la Enseñanza Secundaria.-**

La presencia de materias de Bioquímica y Biotecnología en la enseñanza secundaria es importante por varias razones.

1) La comisión europea y los estados miembros han decidido implementar un aumento de su dedicación a la formación de la sociedad en las ciencias de la vida (<http://www.euractiv.com/Article?tcaturi=tcm:29-117517-16&type=LinksDossier>).

Entre las [acciones recomendadas](#) se incluyen

- a. Fortalecer una educación más amplia y con mayor profundidad para la sociedad en las ciencias de la vida.
- b. Desarrollar y entrenar una fuerza de trabajo especializada en las ciencias de la vida y dando recomendaciones específicas sobre el currículo de profesores de enseñanza secundaria y obteniendo soporte económico del programa Comenius o Erasmus.

De ahí que consideremos de vital importancia que nuestros egresados conozcan bien y sepan transmitir adecuadamente a la sociedad los conocimientos y las repercusiones de las Biociencias Moleculares y de la Biotecnología.

2) Estas materias despiertan el interés de los estudiantes por estos temas, iniciando así en ellos la curiosidad que les puede llevar a convertirse en futuros estudiantes de estas licenciaturas.

3) Los egresados de Bioquímica o Biotecnología están perfectamente capacitados para impartir estas materias como profesores de enseñanza secundaria, una salida profesional que podría ser importante para ellos

Con el fin de identificar y cuantificar de alguna manera la presencia de materias de Bioquímica y Biotecnología en la Enseñanza Secundaria se ha procedido a revisar los contenidos de Ciencias Naturales en los cuatro cursos de Enseñanza Secundaria Obligatoria y de Biología en los dos cursos de Bachillerato. En este último caso no se han tenido en cuenta los conceptos impartidos en las áreas de Tecnología o de Química, a pesar de que en ellos hay también contenidos típicos de Bioquímica o Biotecnología. A la hora de cuantificar estos conceptos, simplemente se ha contado cuántos de ellos están presentes en los cursos que contengan las materias que se buscan. Este es un sistema algo arbitrario, porque el peso relativo de cada concepto, tal y como aparece en la programación de Secundaria, no tiene porque ser el mismo, y de hecho puede variar dependiendo incluso del profesor que imparte cada asignatura. Por lo tanto, y a pesar de lo indicado, se ha calculado el porcentaje de los conceptos de Bioquímica y Biotecnología que se imparten en cada uno de los cursos de la Enseñanza Secundaria.

Curso	Asignatura	Materia	Conceptos		
			Nº total	Nº BQyBT	% BQyBT
Primero de ESO	Ciencias de la Naturaleza	La Tierra en el Universo	14	6	42,9
		Materiales Terrestres	26	2	7,7
		La Tierra y los seres vivos	16	5	31,3
		<b>Total</b>	<b>56</b>	<b>13</b>	<b>23,2</b>
Segundo de ESO	Ciencias de la Naturaleza	Materia y Energía	22	2	9,1
		Circulación de energía en la Tierra	21	0	0,0
		La energía y los seres vivos	9	9	100,0
		<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>11</b>	<b>21,2</b>
Tercero de ESO	Biología y Geología	Rocas y minerales	12	0	0,0
		Anatomía y fisiología humanas	32	32	100,0
		<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>32</b>	<b>72,7</b>
Tercero de ESO	Física y Química	Introducción al método científico	6	6	100,0
		Estructura y diversidad de la materia	11	9	81,8
		Cambios químicos y sus aplicaciones	11	9	81,8
		Energía y electricidad	11	0	0,0
		<b>Total</b>	<b>39</b>	<b>24</b>	<b>61,5</b>
Cuarto de ESO	Biología y Geología	La dinámica de la Tierra	26	0	0,0
		Genética y evolución	11	8	72,7
		Ecología y medio ambiente	17	0	0,0
		<b>Total</b>	<b>54</b>	<b>8</b>	<b>14,8</b>
Cuarto de ESO (Opción A)	Física y Química	Las magnitudes y su medida	6	6	100,0
		Fuerzas y energía	20	0	0,0
		Estructura y diversidad de la materia	4	3	75,0
		La singularidad química	14	14	100,0
		<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>23</b>	<b>52,3</b>
Cuarto de ESO (Opción B)	Física y Química	Fuerzas y movimiento	17	0	0,0
		Energía, trabajo y calor	13	0	0,0
		El átomo y los cambios químicos	17	14	82,4
		<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>14</b>	<b>29,8</b>
	Ciencias de la Naturaleza	<b>Total</b>	<b>108</b>	<b>24</b>	<b>22,2</b>
	Biología y Geología	<b>Total</b>	<b>98</b>	<b>40</b>	<b>40,8</b>
	Física y Química	<b>Total</b>	<b>130</b>	<b>61</b>	<b>46,9</b>
		<b>Total</b>	<b>336</b>	<b>125</b>	<b>37,2</b>

**Tabla 3.5 . Conceptos de Bioquímica y Biotecnología en las asignaturas de Ciencias de la Vida de la Enseñanza Secundaria Obligatoria, recogidos en número y en porcentaje del total, y organizados en función de las grandes áreas que constituyen los contenidos de cada curso**

En la Tabla 3.5 se recogen el número y porcentaje de estos conceptos en la Enseñanza Secundaria Obligatoria, mientras que en la Tabla 3.6 se recogen para el Bachillerato. Conviene indicar que en los cursos de ESO se han considerado también a los conceptos de química básica como adecuados para ser explicados por un bioquímico o un biotecnólogo, por lo que también han sido incluidos en el cómputo, pero no se han incluido los conceptos de Física o Geología. Como se ve en la Tabla 3.5 , estos conceptos están presentes en porcentajes bajos (alrededor de un 20%) en las asignaturas de Biología y Geología en 1º, 2º y 4º de ESO, pero llegan a superar el 70 % en 3º de ESO, presentando también altos porcentajes en las asignaturas de Física y Química de 3º y 4º. En conjunto, los conceptos relacionados con Bioquímica y Biotecnología están

presentes sólo en un 22% en las asignaturas de 1º y 2º, pero superan el 40% en el conjunto de las asignaturas de 3º y 4º.

Curso	Asignatura	Materia	Conceptos		
			Nº total	Nº BQyBT	% BQyBT
Primero de Bachillerato	Biología y Geología	La investigación en geología y biología	7	3	42,9
		La estructura interna de la Tierra	7	0	0,0
		De los elementos químicos a las rocas	7	0	0,0
		Los procesos petrogenéticos	12	0	0,0
		Clasificación de los seres vivos	4	0	0,0
		Organización de los seres vivos	4	4	100,0
		La función de nutrición en pluricelulares	6	6	100,0
		La función de relación en pluricelulares	5	5	100,0
		La función de reproducción en pluricelulares	4	4	100,0
		<b>Total</b>	<b>56</b>	<b>22</b>	<b>39,3</b>
Segundo de Bachillerato	Biología	La célula y la base físico-química de la vida	5	5	100,0
		Fisiología celular	8	8	100,0
		La base de la herencia. Genética molecular	8	8	100,0
		Microbiología y biotecnología	8	8	100,0
		Inmunología	8	8	100,0
		<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>37</b>	<b>100,0</b>
<b>Total</b>					<b>69,6</b>

**Tabla 3.6 . Conceptos de Bioquímica y Biotecnología en las asignaturas de Biología del Bachillerato, recogidos en número y en porcentaje del total, y organizados en función de las grandes áreas que constituyen los contenidos de cada curso**

En Bachillerato (Tabla 3.6) la presencia de estos conceptos es de algo menos de un 40% en la Biología y Geología de 1º, pero llega al 100% en la Biología de 2ª, obteniéndose un promedio global próximo al 70% en el Bachillerato.

Resumiendo, los egresados de Bioquímica y/o Biotecnología han podido recibir durante su formación universitaria la formación suficiente para después poder convertirse en profesores de Enseñanza Secundaria sin tener que preparar demasiadas materias adicionales (esencialmente Geología). Estos resultados indican que la enseñanza de Ciencias en educación secundaria y bachillerato debería ser una importante salida profesional para bioquímicos y/o biotecnólogos.

#### **4. Estudios de Inserción Laboral**

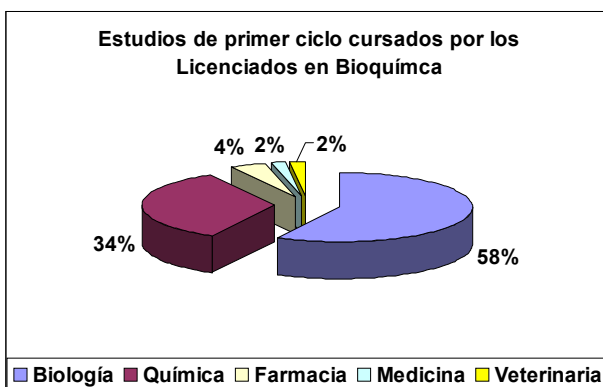
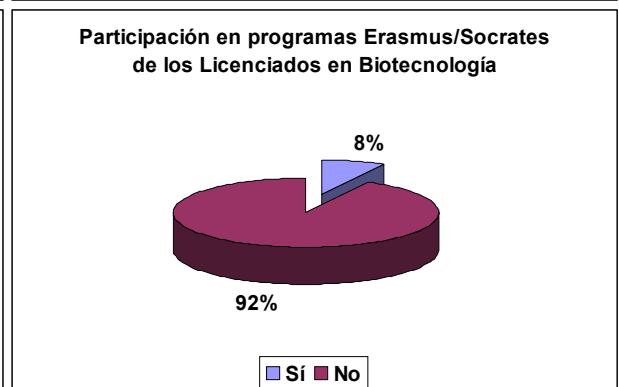
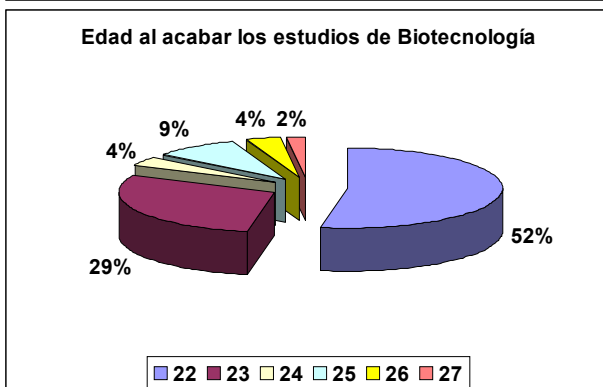
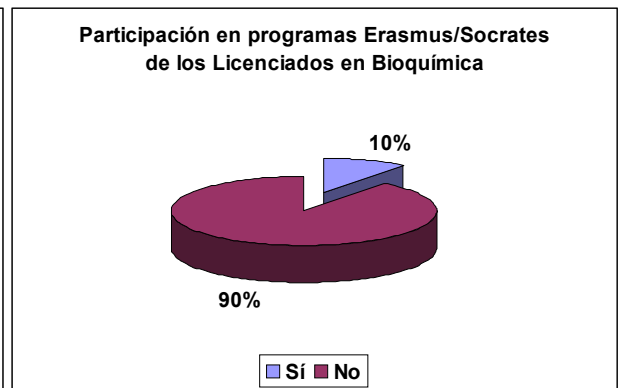
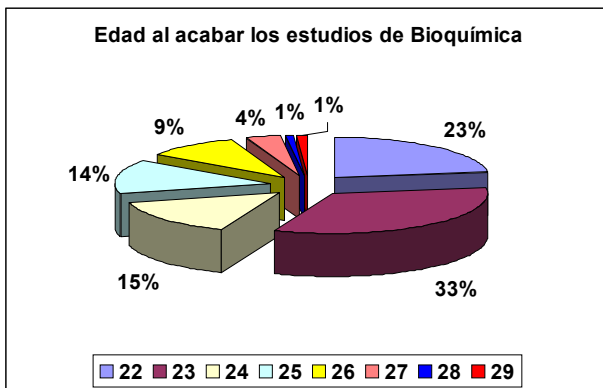
El estudio sobre inserción laboral de los titulados durante el último quinquenio se ha realizado en base a la encuesta adjunta a este informe en documento independiente. Dicha encuesta estaba colocada en la primera página de la encuesta global que incluía también las competencias transversales y específicas. Cada uno de los responsables de las universidades participantes se encargó de hacer llegar a los egresados de su Universidad las palabras claves para rellenar la encuesta utilizando varios métodos (correo ordinario, o correo electrónico, contacto telefónico, etc). Esto dió como resultado que a mediados de julio de 2005 no hubieran contestado toda la encuesta más que 110 egresados (habiendo empezado el 25 Mayo de 2005) por las dificultades encontradas en contactar a los licenciados y por los aproximadamente 30 minutos que se tardaba en rellenar la encuesta total. A mediados de Julio de 2005 se decidió, a propuesta del coordinador, redoblar esfuerzos para tratar de que se rellenarán más encuestas, pues los datos obtenidos no permitían realizar ningún estudio medio serio de inserción laboral, limitando la encuesta a la primera página y a las preguntas sobre diseño de las futuras titulaciones. Aumentó un poco el número de encuestas registradas hasta un total de unas 200. Tras la reunión de Septiembre de 2005, en la que el coordinador volvió a insistir en que los datos eran insuficientes, se abrió de nuevo la encuesta ahora ya exclusivamente para conseguir más datos de inserción laboral. El proceso de encuesta se cerró definitivamente el 6 de Octubre de 2005.

En total se han recogido y validado, 280 encuestas de egresados de Bioquímica sobre un total estimado de 2196 licenciados en el periodo 2000-2004 y 56 encuestas de egresados de Biotecnología de un total estimado de 110 (hay que poner de relieve que corresponden a licenciados en Biotecnología de la Universidad Autónoma de Barcelona y para los años 2002-2004, dado que las otras Universidades que imparten Biotecnología no pueden todavía aportar información significativa).

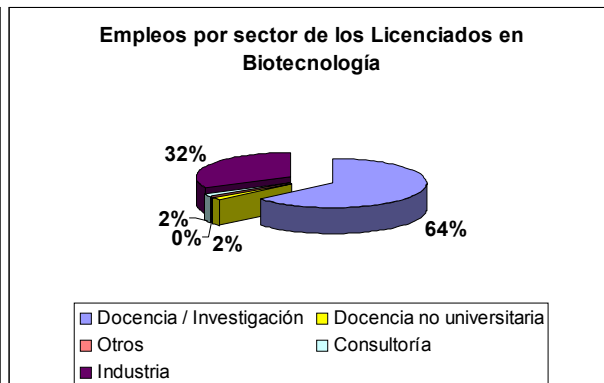
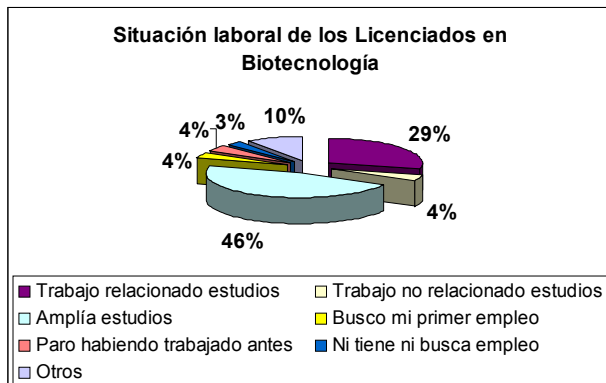
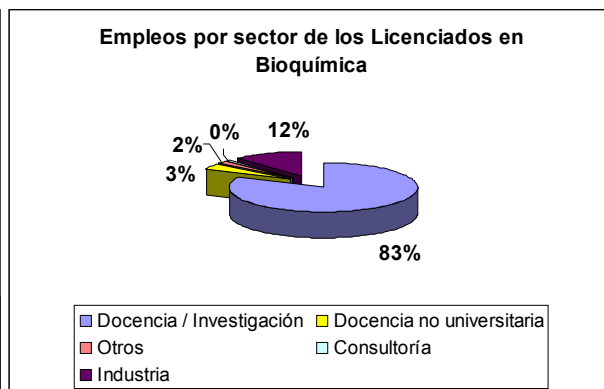
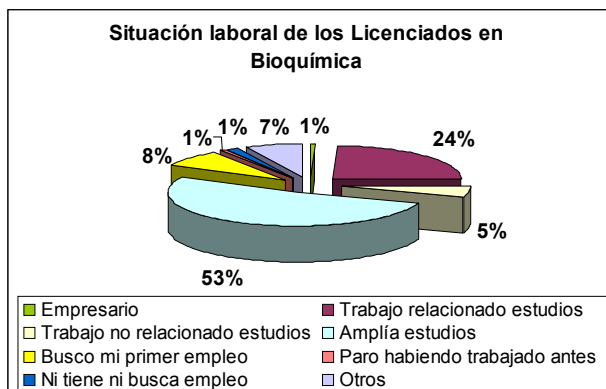
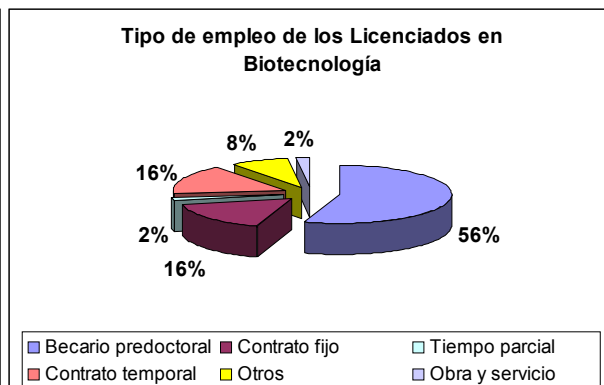
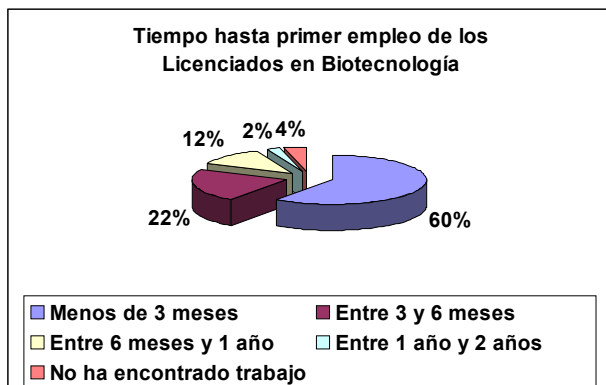
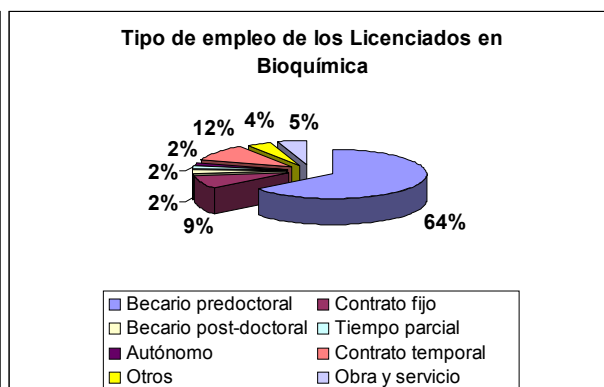
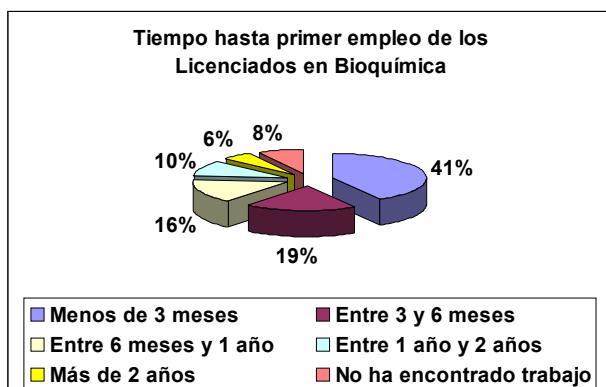


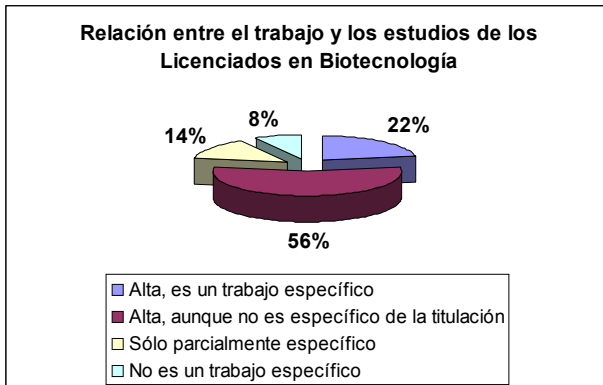
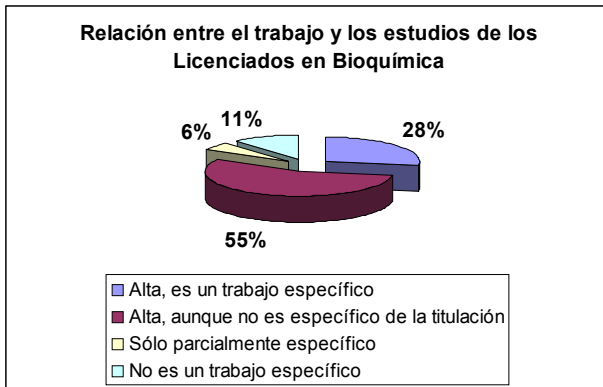
<b>Resumen de datos demográficos y de inserción laboral</b>				
	BIOQUIMICA (n: 284)		BIOTECNOLOGIA (n: 56, UAB)	
Edad al acabar la titulación	23,7 ± 1,5 años		22,87 ± 1,2años	
Sexo	43% hombres	57% mujeres	33% hombres	67% mujeres
Estudios de primer ciclo de procedencia	57,88 % Biología 34,07 % Química 4,39 % Farmacia 1,83 % Medicina 1,83 % Veterinaria			
Otros estudios de postgrado	9% Ninguno 64% Estudiantes de doctorado 8 % Doctores 19% Máster		5 % Ninguno 45% Estudiantes de doctorado 0 % Doctores 50% Máster	
Participación en programas Erasmus/Sócrates	10,15% Sí 89,85% No		7,69% Si 92,31% No	
Tiempo en encontrar el primer trabajo	41,70 % Menos de 3 meses 19,15% Entre 3 y 6 meses 15,74% Entre 6 meses y 1 año 10,21% Entre 1 año y 2 años 5,53% Más de 2 años 7,66% No ha encontrado trabajo		60% Menos de 3 meses 22 % Entre 3 y 6 meses 12 % Entre 6 meses y 1 año 2 % Entre 1 año y 2 años 4 % No ha encontrado trabajo	
Situación laboral de los licenciados	0,65% Empresario 24,33% Trabajo relacionado estudios 5,26% Trabajo no relacionado estudios 52,30% Amplía estudios 7,89% Busca primer empleo 0,98% Paro, habiendo trabajado antes 1,31% Ni tiene ni busca empleo 7,23% Otros		0 % Empresario 26,02% Trabajo relacionado estudios 4,1% Trabajo no relacionado estudios 46,57% Amplía estudios 4,11% Busca primer empleo 4,11% Paro, habiendo trabajado antes 2,79 % Ni tiene ni busca empleo 9,58 % Otros	
Tipo de empleo	1,24% Funcionario 64,46 % Becario predoctoral 2,48% Becario post-doctoral 7,44% Contrato fijo 2,06% Contrato a tiempo parcial 1,65% Autónomo 11,57% Contrato temporal 4,96% Contrato de obra y servicio 4,13% Otros		55,10 % Becario predoctoral 16,32% Contrato fijo 2,04% Contrato a tiempo parcial 16,32% Contrato temporal 2,04% Contrato de obra y servicio 8,16% Otros	
Empleos por sector	52,44% Docencia/ Investigación y Desarrollo Universidad 17,33% Investigación y Desarrollo CSIC 8,88% Investigación y Desarrollo Hospital 3,55% Investigación y Desarrollo Empresa 3,11% Docencia no universitaria 0,88% Administración pública 0,44% Consultoría 4,44% Industria farmacéutica/sanitaria 4,88% Industria agro-alimentaria 2,66% Venta y distribución de productos 0,44% Informática y telecomunicaciones 0,88% Banca, finanzas		34,04% Docencia/ Investigación y Desarrollo Universidad 4,25% Investigación y Desarrollo CSIC 19,15% Investigación y Desarrollo Hospital 6,38% Investigación y Desarrollo Empresa 2,12% Docencia no universitaria 2,12% Consultoría 19,14% Industria farmacéutica/sanitaria 6,38% Industria agro-alimentaria 4,25% Industria biotecnológica 2,12% Industria química	
Adecuación del trabajo desempeñado a los estudios realizados	27,52% Alta, es un trabajo específico 55,50% Alta, aunque no es específico de la titulación 5,50% Sólo parcialmente específico 11,47% No es un trabajo específico		22,45% Alta, es un trabajo específico 55,10% Alta, aunque no es específico de la titulación 14,28% Sólo parcialmente específico 8,16% No es un trabajo específico	

Representaciones gráficas de los datos de egresados de Bioquímica y biotecnología.



## Situación laboral de los egresados de Bioquímica y Biotecnología





No es fácil comparar los datos entre los licenciados en Bioquímica y Biotecnología, dado que los datos de estos últimos corresponden exclusivamente a los egresados de la UAB, mientras que los datos de egresados de Bioquímica corresponden a todo el estado. En cualquier caso si se pueden marcar ciertas tendencias.

La proporción de licenciados que están ocupados en labores de investigación en las Universidades, CSIC y otros centros es alta en los dos colectivos (83%, bioquímicos; 64%, biotecnólogos). La mayor parte de los encuestados está realizando la tesis doctoral en un centro de investigación de la Universidad, CSIC u hospitales (64 y 45%). Podría ser significativa la diferencia en el porcentaje de licenciados desempeñando labores de I+D en Hospitales que es mayor entre los licenciados en Biotecnología (19%) que entre los de Bioquímica (9%). De la misma manera, el porcentaje total de egresados trabajando en distintos sectores industriales, como la industria biotecnológica, farmacéutica/sanitaria, agroalimentaria y química, parece superior entre los biotecnólogos (32%) que entre los bioquímicos (12%), siendo la industria farmacéutica/sanitaria el sector principal de ocupación entre los licenciados en Biotecnología (19% de los encuestados).

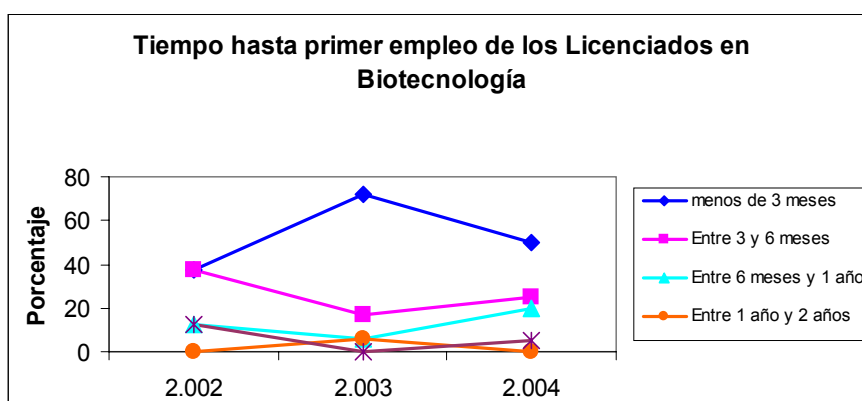
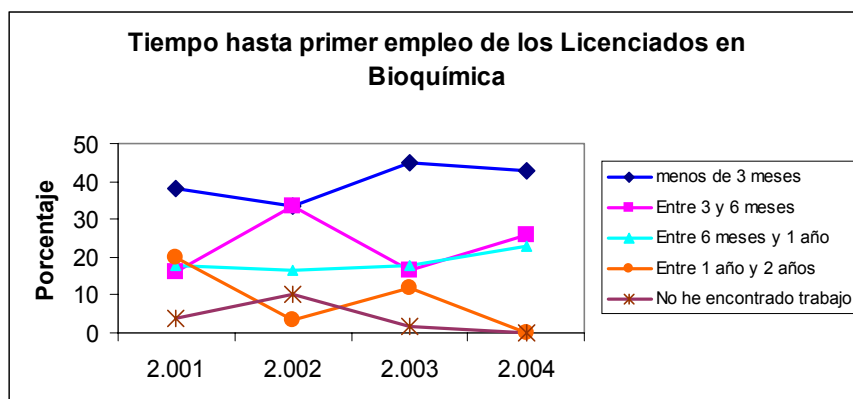
El tipo de empleo mayoritario para ambos colectivos es la beca predoctoral (64 y 55% para bioquímicos y biotecnólogos, respectivamente) como corresponde al porcentaje de encuestados que está ampliando estudios (52 y 46%, respectivamente). Los contratados de todo tipo (fijo, temporal, a tiempo parcial y obras y servicios) suponen un 26% para los bioquímicos y un 36,7% para los biotecnólogos. Solo entre los bioquímicos se detecta que un porcentaje es autónomo (1,65%) o funcionario de carrera (1,2%). La inserción laboral en el sector de docencia no-universitaria es relativamente minoritaria en ambos colectivos (3% de los licenciados en Bioquímica y 2% de los licenciados en Biotecnología).

Otro aspecto de la encuesta digno de especial consideración es la percepción, bastante buena, que tienen los egresados de la adecuación de su actividad laboral a los estudios realizados. Así, el 83% de los licenciados en Bioquímica que han sido encuestados opina que su actividad laboral se adecua a su titulación (si bien el 55% de los encuestados considera que su trabajo también puede ser realizado por profesionales afines y sólo el 27% lo considera “exclusivo” de un bioquímico). Además, un 5% de los licenciados en Bioquímica considera que su trabajo está relacionado parcialmente con su titulación, y un 11% considera que desempeña un trabajo que no es de bioquímico.

Respecto a los licenciados en Biotecnología, el 77% de los encuestados opina que su actividad laboral se adecua a su titulación (si bien el 55% de los encuestados considera que su trabajo puede también ser realizado por profesionales afines y sólo el 22% lo considera “exclusivo” de un biotecnólogo). Además, un 14% de los licenciados en Biotecnología considera que su trabajo está relacionado parcialmente con su titulación, y un 8% considera que desempeña un trabajo que no es de biotecnólogo.

En resumen, se podría concluir que una proporción muy importante de los licenciados en Bioquímica y Biotecnología se encuentra razonablemente satisfecha de la adecuación de su actividad laboral a sus estudios.

Las siguientes figuras relacionan el tiempo transcurrido en encontrar el primer empleo con la fecha de licenciatura para las cohortes analizadas 2001-2004, diferenciando entre los licenciados en Bioquímica y los licenciados en Biotecnología. En este último caso solo se han utilizado los datos de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB).



Es de destacar la rapidez en encontrar empleo de los licenciados en Bioquímica y Biotecnología al terminar sus estudios. Además, este hecho se ha mantenido con pequeñas fluctuaciones a lo largo de los años analizados en la encuesta, aunque también hay que tener en cuenta que la mayoría de ellos encuentran su primer empleo como becario predoctoral (65% de bioquímicos y 56% de biotecnólogos) y que esta etapa también puede ser considerada como periodo de formación para los futuros investigadores. En su conjunto, La encuesta muestra un aceptable nivel de inserción laboral de los licenciados en Bioquímica y Biotecnología en actividades relacionadas con sus estudios.

### **Comparación de los datos de inserción laboral de los titulados españoles con los datos de inserción laboral en el Reino Unido**

En el Reino Unido, “*The Biochemical Society*” realiza de manera muy sistemática un estudio anual de inserción laboral de los titulados en Bioquímica (y titulaciones afines como Biología Molecular, Biotecnología, etc) de las universidades británicas. Resulta interesante comparar los datos obtenidos en nuestra encuesta con los

del Reino Unido. Para ello hemos utilizado los datos correspondientes al año 2003 (*Annual survey of UK biochemistry graduate employment 2003*) que se pueden encontrar en la página web:

<http://www.biochemsoc.org.uk/education/survey/default.htm>

Como las encuestas no son directamente comparables, se han agrupado las respuestas en categorías más amplias que sí permiten una comparación directa.

La siguiente Tabla compara la situación laboral de los licenciados en Bioquímica y Biotecnología (UAB) españoles con los licenciados en Bioquímica y titulaciones afines de las universidades británicas. Los datos se expresan en porcentajes.

Situación laboral	Encuesta a bioquímicos en España	Encuesta a biotecnólogos de UAB	Encuesta Reino Unido de 2003
Ampliación de Estudios	52.3	46.57	33.7
Actividad laboral relacionada con los estudios	25	28.77	23.5
Actividad laboral <b>no relacionada</b> con los estudios	5.26	4.1	17
Desempleo	10.2	10.95	3.5
Otros	7.24	9.59	22.3

Llama la atención el porcentaje significativamente mayor de titulados españoles que se dirigen a ampliar estudios (52.3% de bioquímicos y 46.7% de biotecnólogos, UAB) respecto a los graduados británicos (33.7%), aunque es posible que esta población este sobre-representada en la encuesta en España porque es a la que más fácilmente les ha llegado la encuesta.

También destaca, con la salvedad hecha anteriormente, que la proporción de titulados con una inserción laboral en alguna actividad no relacionada con sus estudios es muy inferior en España (5.26% de bioquímicos y 4.1% de biotecnólogos, UAB) respecto a lo que sucede en el Reino Unido, donde el 17% de los titulados en Bioquímica accede a puestos laborales no relacionados con sus estudios. El porcentaje de desempleo es significativamente mayor en España (en torno al 10%) que en Reino Unido (un 3.5%), lo que concuerda con que el porcentaje de parados universitarios en España es mayor

que la media europea (Informe Eurydice: España, 11,5%; media europea, 6,5%; Reino Unido, 3%).

La comparación del tipo de empleo por sectores muestra claramente (ver tabla siguiente) que la gran mayoría (casi un 70%) de los licenciados españoles en Bioquímica desempeña su trabajo en el sector de la I+D en un entorno académico (Universidades, CSIC), sector en el que se ocupan sólo un 38.3 % de los biotecnólogos de la UAB, o un 44% de los graduados en Bioquímica (y titulaciones afines) del Reino Unido. Por otro lado es similar el % de egresados que se dedican a la docencia no universitaria tanto en el Reino Unido como en España. Nuevamente llama la atención que casi un 30% de los graduados británicos desempeña actividades laborales en sectores no relacionados con sus estudios, algo que sólo hacen un 5.34% de los bioquímicos y un 2.13% de los biotecnólogos de la UAB, aunque la proporción en España pueda ser mayor dado que la muestra de encuestados puede tener mayor representación de egresados que de alguna forma u otra permanecen vinculados a la profesión.

Tipo de empleo	Encuesta a bioquímicos en España	Encuesta a biotecnólogos de UAB	Encuesta Reino Unido en 2003
I+D en entorno académico	69.8	38.3	44
I+D en Hospitales	8.88	19.15	4.61
I+D en Industrias	3.55	6.38	10.21
Empleos de base científica en distintos sectores económicos	9.32	31.91	8.06
Docencia no universitaria	3.11	2.13	4.15
Empleos de base no-científica en distintos sectores económicos	5.34	2.13	28.96



## 5. Perfiles profesionales

Consideramos a priori tres perfiles profesionales genéricos que concordaban bastante bien con la encuesta de colocación de los egresados de Bioquímica realizada por la *Biochemical Society* en Reino Unido. Los resultados de la encuesta realizada sobre inserción laboral muestran que la asunción de estos tres perfiles genéricos es también una realidad en nuestro país, pese a los rápidos cambios que se producen en esta área que hacen aconsejable una continua vigilancia para tomar en consideración los desarrollos tecnológicos futuros y las nuevas aplicaciones que puedan surgir.

Los tres perfiles profesionales son:

### 5.1. INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA

**La investigación y docencia superior** es uno de los perfiles genéricos para ambos grados que se justifican por la naturaleza y el desarrollo actual de ambas disciplinas. El marco laboral de dicha actividad profesional incluye a las universidades, centros públicos de investigación científica y tecnológica (como el CSIC y otros OPIS), centros privados de investigación, y departamentos de I+D+I de empresas del sector biotecnológico, farmacéutico y de campos afines.

**Docencia Enseñanza Secundaria.** Estos estudios de Grado proporcionarían la formación requerida para la docencia dentro del área de ciencias experimentales (Naturales, Física, Química) y de la vida (Biología) en centros de enseñanza secundaria (dentro de la ESO y el Bachillerato). Según un estudio que hemos realizado, aproximadamente el 50% de los conceptos explicados en ciencias experimentales y de la vida en secundaria podrían ser perfectamente explicados por un graduado en Bioquímica o Biotecnología.

### 5.2. BIOQUÍMICA Y BIOMEDICINA MOLECULAR

Este perfil profesional se refiere a la aplicación de las Biociencias Moleculares al estudio de la salud y la enfermedad. Incluyen el estudio molecular de los mecanismos de la enfermedad, y los abordajes moleculares para el escrutinio, diagnóstico, prevención y tratamiento de enfermedades humanas utilizando los conocimientos derivados de las Ciencias Moleculares de la Vida y sus Aplicaciones.

Dentro de este perfil profesional caben distinguir, al menos, dos grandes ámbitos de actuación: uno más orientado a **la actividad biomédica y bioanalítica** y otro más dirigido a la **Biotechnología sanitaria**.

El ámbito orientado a **la actividad biomédica y bioanalítica** está fundamentalmente centrado en las aplicaciones de las tecnologías Bioquímicas y biotecnológicas a la medicina clínica. El marco laboral de dicha actividad profesional incluye a los hospitales, laboratorios de análisis clínicos y farmacéuticos, centros de investigaciones sanitarias, e industrias del sector biotecnológico sanitario, biofarmacéutico y de campos afines. Dentro de este ámbito se incluye la preparación de los egresados para el acceso, a través de las correspondientes pruebas selectivas para residentes, a la formación clínica especializada en las áreas de Análisis Clínicos, Bioquímica Clínica, Inmunología, Microbiología y Parasitología, y Radiofarmacia (Facultativos Especialistas Hospitalarios) de acuerdo con el REAL DECRETO 1163/2002 de 8 de noviembre (por el que se crean y regulan las especialidades sanitarias para químicos, biólogos y bioquímicos; <http://www.boe.es/boe/dias/2002-11-15/pdfs/A40134-40139.pdf>) y la ORDEN PRE/274/2004 de 5 de febrero (por la que se regulan las vías transitorias de acceso a los títulos de Químico, Biólogo y Bioquímico Especialista; <http://www.boe.es/boe/dias/2004-02-13/pdfs/A06665-06670.pdf>).

El otro ámbito es **la Biotechnología sanitaria**. Esta actividad profesional se dirige al descubrimiento y desarrollo de nuevos productos y servicios: escrutinio, diagnóstico, pronóstico, preventivos y terapéuticos a partir de los conocimientos derivados de las Biociencias Moleculares y sus Aplicaciones Biotecnológicas. Este campo incluye, entre otros aspectos, las labores de identificación y validación de nuevas dianas diagnósticas, vacunales y terapéuticas mediante la utilización de las metodologías “ómicas” de la Biología Molecular de Sistemas (genómicas, transcriptómicas, proteómicas, metabolómicas, etc). El marco laboral de dichas actividades incluye de modo preferente a las industrias del sector biotecnológico sanitario, biofarmacéutico y de campos afines, así como a centros de investigaciones sanitarias, biomédicas y biotecnológicas. Este ámbito profesional podría ser garantizado con una optatividad adecuada en los currícula que cada Universidad ponga en práctica, pero no se ha considerado como parte esencial del grado genérico de Bioquímica o Biotecnología

### **5.3. BIOTECNOLOGÍA INDUSTRIAL.**

El perfil de Biotecnología industrial se centra en la realización de actividades relacionadas con el desarrollo de productos y aplicaciones biotecnológicas. Dicho perfil resulta de la integración de las Biociencias Moleculares con las Ciencias de la Ingeniería.

Las actividades profesionales del ámbito de la **Biotecnología industrial** incluyen de manera preferente el diseño y análisis de procesos biotecnológicos destinados a la **obtención de productos, bienes y servicios**, así como la **gestión y el control de procesos biotecnológicos en plantas de producción industrial**.

Otras actividades profesionales asociadas al perfil biotecnológico industrial son las relacionadas con la transferencia de tecnología entre la investigación básica y aplicada, el control de calidad en laboratorios biotecnológicos y en las bioindustrias, las labores de vigilancia tecnológica e inteligencia económica en el sector bioindustrial, la elaboración y gestión de patentes biotecnológicas, la realización de asesoramiento y peritaje en aspectos biotecnológicos y de bioseguridad, la gestión de procesos de introducción de los productos biotecnológicos en el mercado y otros aspectos relacionados con la gestión tecnológica en las bioempresas.

El marco laboral de estas actividades incluye de modo muy preferente a las industrias biotecnológicas aunque también se extiende a otras industrias que sean usuarias de aplicaciones biotecnológicas en distintos sectores productivos como el farmacéutico, veterinario, agroalimentario, químico en sus distintos campos (petroquímico, plásticos, cosméticos, etc), así como en los relacionados con el medio ambiente y la minería. Otros ámbitos de realización profesional incluyen a centros de investigación y desarrollo en Biotecnología, empresas de consultoría especializadas en Biotecnología, y agencias públicas o privadas de desarrollo e innovación en el sector biotecnológico o de campos afines.

## **6. Competencias Transversales Genéricas.**

Las competencias transversales genéricas analizadas son las definidas en el proyecto Tuning y estructuradas en tres campos: instrumentales, personales y sistémicas y se resume en las siguientes tablas.

### ***a. Competencias instrumentales***

---

- Diseñar experimentos y comprender las limitaciones de la aproximación experimental
  - Dividir y analizar las partes de un problema
  - Diferenciar estudios observacionales y experimentales
  - Interpretar resultados experimentales e identificar elementos consistentes e inconsistentes
  - Diseñar experimentos de continuación para la solución de un problema
  - Trabajar de forma adecuada en un laboratorio químico-bioquímico incluyendo seguridad, manipulación y eliminación de residuos químicos y registro anotado de actividades
  - Trabajar de forma adecuada en un laboratorio con material biológico (bacterias, hongos, virus, células animales y vegetales, plantas, animales) incluyendo seguridad, manipulación y eliminación de residuos biológicos y registro anotado de actividades
  - Aplicar las bases legales y éticas implicadas en el desarrollo y aplicación de las ciencias moleculares de la vida
  - Reconocer los problemas ecológicos-ambientales en el desarrollo y aplicación de las ciencias moleculares de la vida
  - Pensar de una forma integrada y abordar los problemas desde diferentes perspectivas
  - Analizar y sintetizar
  - Gestionar la información
  - Usar internet como medio de comunicación y como fuente de información
  - Resolver problemas
  - Organizar y Planificar su trabajo
  - Tomar decisiones
  - Escribir un artículo de divulgación en el que presente un contenido científico-técnico para su comprensión por un público no experto en su lengua nativa
  - Hacer una presentación oral, escrita y visual de su trabajo a una audiencia profesional y no profesional en inglés
- 

### ***b. Competencias personales***

---

- Relacionarse con los demás
  - Colaborar con otros compañeros de trabajo
  - Colaborar en grupos pluridisciplinarios
  - Colaborar con grupos internacionales
  - Negociar ante una situación laboral
  - Entender la diversidad y la multiculturalidad
  - Razonar críticamente
  - Mantener un compromiso ético
- 

### ***c. Competencias sistémicas***

---

- Aprendizaje autónomo
  - Adaptación a nuevas situaciones
  - Creatividad
  - Liderazgo y dirección de equipos
  - Iniciativa y espíritu emprendedor
  - Aplicar los conocimientos teóricos a la práctica
  - Entender el lenguaje y propuestas de otros especialistas
  - Ambición profesional
  - Autoevaluación
-

La valoración de las competencias transversales y específicas se ha llevado a cabo siguiendo el método de encuesta entre egresados, profesores, investigadores y empleadores del área de Bioquímica y Biotecnología. La encuesta base estuvo colgada en una página web (como ya se ha indicado anteriormente) con acceso restringido, necesiéndose para acceder clave de usuario y contraseña, evidentemente distintas para cada colectivo encuestado. Los delegados de cada una de las Universidades participantes en este proyecto se encargaron de la distribución de claves de acceso a los diferentes colectivos vía email, teléfono, etc. También se distribuyeron los códigos de acceso para profesores y empleadores a través de la red de emails de afiliados a la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular (SEBBM). A cada encuestado se le solicitó que puntuase cada uno de los ítems de 0 a 10, siendo 0 nada importante y 10 muy importante. En total se han recogido y validado, 110 encuestas de egresados, 167 de profesores de universidad y 59 empleadores (investigadores y profesionales de empresa del área de Bioquímica y Biotecnología).

***Datos de empleadores que han participado en la encuesta.***

Los datos de actividad de empleadores en % del total de encuestados se resumen en la siguiente tabla.

<b>Actividad principal empleadores</b>	<b>Porcentaje</b>
Investigación y desarrollo Universidad	18,6
Investigación y desarrollo CSIC	27,1
Investigación/Asistencia Hospital	5,1
Investigación y desarrollo Empresa	11,9
Consultoría	5,1
Industria farmacéutica/sanitaria	10,2
Industria Biotecnológica	16,9
Industria Agro-Alimentaria	3,4
Banca, finanzas	1,7

En el caso de las empresas, los encuestados fueron preguntados por el número de empleados por nivel académico: licenciados, doctores (ambos sin especificar titulación), técnicos de las ramas de Bioquímica/Biotecnología/Sanitaria y otro personal para evaluar el tamaño de la empresa

Titulación empleados en empresas	% del total de empresas encuestadas con N° empleados										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	>10
<b>Licenciados</b>		5,3	5,3	5,3	10,5			5,3	5,3		63,2
<b>Doctores</b>	10,5	5,3	15,8	10,5	5,3	5,3	15,8	5,3	5,3		21,1
<b>Técnicos</b>	15,8			10,5	10,5		10,5			5,3	36,8
<b>Otro personal</b>	16,7		5,6			11,1			16,7		50,0

Estos datos muestran que el tamaño de las empresas de los que han respondido a la encuesta es de nivel medio-grande para el sector: el 80% tienen 5 o más licenciados (el 63.2% más de 10), aproximadamente el 85 % tiene más de tres doctores (21.1% tiene más de 11 doctores) y tienen más de 4 técnicos (36,8% tiene más de 11 técnicos). Por estos indicadores se puede inferir que los encuestados que han respondido pertenecen claramente al sector de I+D del área.

Las mismas preguntas fueron formuladas para los investigadores (mayoritariamente del CSIC: 27.5% del total y de Hospitales: 5.1%). Los datos se muestran en la siguiente tabla

Titulación	% del total de investigadores encuestados con N° de miembros en su grupo (promedio 5 años)										
	0	1	2	3	4	5	7	8	9	10	>10
<b>Licenciados</b>	11,8	14,7	14,7	17,6	14,7	11,8	2,9			2,9	2,9
<b>Doctores</b>	11,4	20,0	34,3	14,3	5,7	2,9	2,9	5,3	5,3		8,6
<b>Técnicos</b>	33,3	30,3	24,2	6,1	3,0		10,5			5,3	3,0
<b>N° investigadores plantilla</b>	5,7	34,3	11,4	5,7	17,1	5,7	5,7	2,9			11,4

Los datos de la tabla anterior muestran que los grupos de investigación que lideran las personas que han respondido a la encuesta están constituidos por 1-5 licenciados, 1-2 doctores y 1-2 investigadores en plantilla.

También se les preguntó a los empleadores cuántos Ldos. en Bioquímica habían, o tenían, empleados: el 75% de los encuestados contestó que entre 1-3 licenciados en Bioquímica, 14% entre 4-5 y un 2% de los encuestados para cada uno de los siguientes números de licenciados en Bioquímica en su empresa: 6, 7, 9, 10, y más de 10 licenciados. Se formulaba la misma pregunta pero respecto a los licenciados en Biotecnología, pero los datos son poco relevantes, pues solo un 5% contestan tener o

haber tenido un Ldo. Biotecnología y de estos el 66% ha empleado o emplea actualmente 1-2 licenciados en Biotecnología.

***Datos de los profesores universitarios que han contestado la encuesta.***

La encuesta realizada a los profesores universitarios que imparten docencia en Bioquímica y Biotecnología (168 han contestado la encuesta) consideramos que es una buena muestra. La población total de encuestados posibles según datos estadísticos del Consejo de Coordinación universitaria a Mayo de 2004 sería: un total de 178 Catedráticos y 550 Titulares de Universidad en el área de Bioquímica y Biología Molecular. Por tanto de un universo muestral de 728, hemos recogido 168 encuestas lo que supone que han contestado un 24% del total posible, lo que indica que los datos recogidos tienen una buena validez. Se resume a continuación los datos de la población y que corresponden a preguntas incluidas en la encuesta de profesores del área de Bioquímica y Biología Molecular, además de las preguntas competenciales.

- ***Edad del profesorado.*** 70% de los profesores encuestados tienen entre 41 y 55 años. La distribución por sexos: 68% son hombres y el 32% son mujeres. Esto concuerda con la media de edad de  $49.6 \pm 7.59$  años y con que el porcentaje de mujeres (40%) para los profesores del área (fuente Consejo de Coordinación Universitaria, Mayo 2004)
- ***Categoría profesional.*** El 62% de los encuestados son Titulares de Universidad y el 32.8% son Catedráticos. Estas cifras no están muy lejos de la media nacional de todas las Universidades: 54% de titulares y 17% de catedráticos (fuente Consejo de Coordinación Universitaria, Mayo 2004) y reflejan la composición global del área (70,42% son Titulares de Universidad y 22.79 % son catedráticos de Universidad, fuente Consejo de Coordinación Universitaria, Mayo 2004), aunque denotan que ha habido más catedráticos que titulares que han rellenado la encuesta en proporción a los respectivos universos poblacionales.
- ***Dedicación:*** El 98% de los encuestados tienen dedicación exclusiva a la Universidad.
- ***Impartición de docencia:*** El 100% de los encuestados imparten docencia en otras licenciaturas además de en Bioquímica y Biotecnología
- ***Composición del grupo de trabajo de investigación de Profesores de Universidad.*** En la encuesta se preguntaba el número de licenciados, doctores, técnicos y personal en plantilla incluido el profesor que rellenaba la encuesta que



formaban parte de su grupo de trabajo de investigación. Los resultados de la encuesta son los siguientes:

**Licenciados.** Contestan solamente 110 profesores, esto indica que 58 (34%) de los profesores que han contestado la encuesta o no han querido contestar a esta pregunta o no tienen ningún licenciado en su grupo de trabajo.

**Doctores.** Contestan solamente 57 profesores, lo que indica que el 65% de los profesores que han contestado la encuesta o no han querido contestar a esta pregunta o no tienen ningún doctor en su grupo de trabajo. Además el 42% de los profesores que tienen licenciados en su grupo de trabajo, no tienen doctores a su cargo.

**Técnicos.** El número de profesores encuestados que contestan a esta pregunta es de 55, muy similar a los que indican que tienen un doctor en su grupo de trabajo. El 80% de estos 55 tienen un técnico. De nuevo el 42% de los profesores que tienen licenciados en su grupo de trabajo no tienen un técnico en su grupo.

**Número de investigadores totales en plantilla.** En este caso se recupera la coherencia de la encuesta al recuperarse un valor de contestaciones válidas igual a 111. El 61% de los encuestados dice que en su grupo de trabajo hay 1 o 2 investigadores en plantilla.

Si damos por bueno que todos los profesores que han contestado a estas preguntas tienen grupo de trabajo, y los que no han contestado es que no tienen grupo de trabajo de investigación (avalada esta asunción por el hecho de que todos los que dicen tener licenciados en su grupo son los mismos que responden a la pregunta del nº de investigadores en plantilla en su grupo), se llega a las siguientes **conclusiones sobre los grupos de trabajo de investigación de los profesores universitarios** en el área de Bioquímica, Biología Molecular y Biotecnología:

- a) El 34% de los profesores del área de Bioquímica y Biotecnología no tienen grupo de trabajo de investigación estable.
- b) Del 66% de los profesores que tiene grupo de trabajo de investigación, la mitad (33%) no tiene ningún doctor, ni ningún técnico en su grupo de trabajo y cuenta con 1 o 2 licenciados y está constituido con 1 o 2 investigadores en plantilla en su grupo.
- c) El 33% restante de los profesores que tienen grupo de trabajo de investigación cuenta con un doctor, un técnico y de 1-3 licenciados, con un total de investigadores en plantilla de 1-3.

**Estos datos ponen de manifiesto, las dificultades de los profesores de Universidad para tener grupos estables de investigación y en general, los grupos cuentan con pocos miembros. También ponen de manifiesto la dificultad real de implementar la realización de un proyecto de grado basado exclusivamente en el desarrollo de un proyecto de investigación a nivel de todo el estado.** Sin embargo, preguntados sobre

la conveniencia de un proyecto de grado en las nuevas titulaciones de Bioquímica y Biotecnología, el 88% de los profesores encuestados se muestra a favor de la inclusión y el 12% en contra de que se incluya un proyecto. Lo que contrasta con la situación actual: el 54% de los profesores encuestados refiere que los graduados de Bioquímica y/o Biotecnología que ha tenido en su grupo o a los que ha impartido docencia, han realizado un proyecto y el 46% dicen que no lo han realizado .

### ***Valoración de las competencias***

Se solicitó en todos los casos que los encuestados valoraran la formación alcanzada por el licenciado actual (los egresados sobre sí mismos) y puntuaran la importancia de cada competencia evaluada para cada uno de los tres perfiles profesionales propuestos. Teniendo en cuenta que todas las competencias genéricas analizadas las podemos considerar igualmente importantes, puesto que han sido definidas por el proyecto Tuning, con algunas modificaciones en su redacción introducidas por nosotros, presentamos en las siguientes tablas (Tablas 6.1 a 6. ) el promedio de valores obtenidos (0-10) en cada ítem.

**Tabla 6.1 . Valoración (1-10) por los licenciados en Bioquímica y Biotecnología de la formación adquirida por los licenciados actuales y la importancia de las competencias transversales genéricas para cada uno de los perfiles profesionales propuestos.**

<i>Competencias sistémicas</i>	0. Lic. Formación	1. Perfil Inv./Doc.	2. Perfil Biomed.	3. Perfil Biotec./Indust.
1.	6,93	8,48	8,34	7,79
2.	6,21	7,93	8,03	8,06
3.	5,99	8,41	8,21	7,96
4.	4,55	6,98	7,17	8,09
5.	5,51	7,71	7,69	8,47
6.	6,95	8,51	8,68	8,57
7.	6,21	8,53	8,52	8,29
8.	6,00	7,29	7,49	8,09
9.	5,88	7,98	7,99	7,80

<i>Competencias instrumentales</i>	0. Lic. Formación	1. Perfil Inv./Doc.	2. Perfil Biomed.	3. Perfil Biotec./Indust.
1.	6,49	8,82	8,49	8,08
2.	6,79	8,49	8,30	8,43
3.	6,62	7,87	7,78	7,31
4.	6,87	8,68	8,68	8,14
5.	6,43	8,83	8,70	8,51
6.	6,85	8,65	8,58	8,59
7.	7,01	8,76	8,94	8,53
8.	5,81	7,95	8,14	8,07
9.	5,79	7,65	7,52	8,49
10.	6,85	8,53	8,53	8,66
11.	6,75	8,34	8,15	8,28
12.	6,30	8,20	8,14	8,12
13.	7,21	8,95	8,78	8,45
14.	6,95	8,80	8,58	8,89
15.	6,67	8,69	8,58	8,69
16.	5,94	8,25	8,37	8,73
17.	4,39	8,75	8,22	6,59
18.	4,27	8,75	8,38	7,75

<i>Competencias personales</i>	0. Lic. Formación	1. Perfil Inv./Doc.	2. Perfil Biomed.	3. Perfil Biotec./Indust.
1.	6,92	7,72	7,66	7,76
2.	6,67	8,30	8,23	8,32
3.	4,94	8,20	8,07	8,17
4.	3,56	8,02	7,74	7,70
5.	3,29	5,65	5,94	6,91
6.	5,68	6,73	6,64	6,70
7.	5,54	9,09	8,75	8,71
8.	6,29	8,56	8,73	8,74

**Tabla 6.2. Valoración (1-10) por los profesores de Bioquímica y Biotecnología de la formación adquirida por los licenciados actuales y la importancia de las competencias transversales genéricas para cada uno de los perfiles profesionales propuestos.**

<i>Competencias instrumentales</i>	0. Lic. Formación	1. Perfil Inv./Doc.	2. Perfil Biomed.	3. Perfil Biotec./Indust.
1.	5,30	8,81	8,32	7,93
2.	5,82	8,66	8,28	8,53
3.	6,22	8,19	7,83	7,62
4.	5,64	9,04	8,69	8,44
5.	5,10	8,80	8,35	8,28
6.	6,10	8,85	8,76	8,90
7.	6,11	9,00	9,11	9,00
8.	4,73	7,75	8,47	8,30
9.	5,35	7,69	7,62	8,90
10.	5,34	8,88	8,46	8,44
11.	5,75	8,68	8,38	8,38
12.	5,82	8,33	8,18	8,42
13.	7,48	8,74	8,52	8,58
14.	5,71	8,60	8,46	8,92
15.	5,87	8,72	8,65	8,88
16.	4,80	8,14	8,25	8,66
17.	4,47	8,27	7,66	7,24
18.	3,75	8,62	7,98	7,91

<i>Competencias personales</i>	0. Lic. Formación	1. Perfil Inv./Doc.	2. Perfil Biomed.	3. Perfil Biotec./Indust.
1.	6,92	7,72	7,66	7,76
2.	6,67	8,30	8,23	8,32
3.	4,94	8,20	8,07	8,17
4.	3,56	8,02	7,74	7,70
5.	3,29	5,65	5,94	6,91
6.	5,68	6,73	6,64	6,70
7.	5,54	9,09	8,75	8,71
8.	6,29	8,56	8,73	8,74

<i>Competencias sistémicas</i>	0. Lic. Formación	1. Perfil Inv./Doc.	2. Perfil Biomed.	3. Perfil Biotec./Indust.
1.	5,47	8,30	7,93	7,80
2.	5,54	7,88	7,78	7,92
3.	5,07	8,46	7,76	7,71
4.	4,13	7,12	7,08	7,74
5.	4,75	8,09	7,81	8,43
6.	5,22	8,45	8,52	8,90
7.	5,36	8,16	8,36	8,18
8.	5,74	7,37	7,42	7,87
9.	5,04	8,04	7,97	8,02

**Tabla 6.3 . Valoración (1-10) por los empleadores del área de Bioquímica y Biotecnología sobre la formación de los licenciados actuales y la importancia de las competencias transversales genéricas para cada uno de los perfiles profesionales propuestos.**

<i>Competencias instrumentales</i>	0. Lic. Formación	1. Perfil Inv./Doc.	2. Perfil Biomed.	3. Perfil Biotec./Indust.
1.	4,67	8,38	8,58	8,02
2.	4,86	8,33	8,63	8,86
3.	5,15	8,19	8,30	7,98
4.	4,64	8,86	8,88	8,74
5.	4,50	8,76	8,76	8,79
6.	5,24	8,45	8,98	9,14
7.	5,17	8,60	9,28	9,24
8.	4,08	7,69	8,07	7,88
9.	5,00	7,88	7,49	8,50
10.	4,62	9,00	8,74	8,88
11.	4,83	8,86	8,63	8,55
12.	5,21	8,36	8,47	8,57
13.	7,33	8,74	8,70	8,67
14.	5,00	8,50	8,79	9,05
15.	5,60	8,50	8,88	8,88
16.	4,19	8,21	8,53	8,64
17.	4,00	8,35	7,76	6,98
18.	3,97	8,58	8,37	8,15

<i>Competencias personales</i>	0. Lic. Formación	1. Perfil Inv./Doc.	2. Perfil Biomed.	3. Perfil Biotec./Indust.
1.	6,93	7,90	7,88	7,76
2.	6,63	8,00	8,15	8,15
3.	5,11	8,35	8,24	7,95
4.	3,87	8,35	8,10	7,61
5.	3,65	6,87	7,08	7,64
6.	6,31	7,32	6,92	6,89
7.	5,08	9,10	8,75	8,85
8.	5,89	8,58	8,51	8,46

<i>Competencias sistémicas</i>	0. Lic. Formación	1. Perfil Inv./Doc.	2. Perfil Biomed.	3. Perfil Biotec./Indust.
1.	4,95	8,55	8,08	7,88
2.	5,33	8,50	8,38	8,41
3.	4,87	8,88	8,44	8,07
4.	4,05	7,38	7,51	7,98
5.	4,36	7,73	8,00	8,63
6.	4,10	8,38	8,56	8,85
7.	4,66	8,33	8,29	8,61
8.	6,21	7,80	7,95	8,00
9.	4,76	8,28	8,07	8,20

**Como se puede ver todas las competencias transversales fueron valoradas por los tres colectivos de forma positiva con valores promedio de 7-9 para todas ellas e independiente del perfil profesional, lo que indica el carácter realmente transversal de estas competencias para las cuales se propone un muy bien nivel de formación.**

## **7. Competencias específicas de Formación Profesional y Disciplinar**

La encuesta sobre competencias específicas fue diseñada de una forma particular basada no en contenidos de enseñanza específica, sino realmente en competencias. Dada la amplitud de posibles competencias y la gran variedad de disciplinas implicadas en Bioquímica y Biotecnología se hizo inicialmente un proceso de recolección de competencias, posteriormente se filtraron con dos criterios: la encuesta debería ir más centrada en saber hacer que en saber; y debería haber tanto competencias básicas como otras un poco más avanzadas que presuponen otra(s) más básica (s), para detectar el nivel de formación que esperan los encuestados que alcancen los nuevos graduados. Las competencias específicas que se encuestaron se presentan en la Tabla 7.1

**Tabla 7.1. Competencias específicas encuestadas**

<i>Competencias específicas</i>	
1.	¿Sabe predecir la espontaneidad de una reacción en base a datos entálpicos y entrópicos?
2.	¿Sabe hacer los tests para identificación de los grupos funcionales orgánicos fundamentales?
3.	¿Conoce la estructura y funciones de los orgánulos de una célula eucariota animal y de plantas?
4.	¿Sabe realizar cultivos de líneas celulares?
5.	¿Sabe describir el polimorfismo génico, las bases experimentales para su estudio y realizar análisis de ligamiento y asociación?
6.	¿Conoce las características estructurales y funcionales de proteínas y ácidos nucleicos y sabe calcular los parámetros cinéticos y termodinámicos que definen la unión de ligandos a macromoléculas?
7.	¿Podría describir las bases estructurales y termodinámicas de la bioenergética y del transporte a través de membranas?
8.	¿Podría describir los principales efectos de los diferentes tipos de radiación sobre los seres vivos?
9.	¿Sabe interpretar la información que aportan las técnicas de espectroscopía, difracción de rayos-X, resonancia magnética nuclear y difracción de rayos-X?
10.	¿Sabe manejar datos en hojas de cálculo incluyendo generación de gráficos y cálculo de significación estadística?
11.	¿Sabe los criterios de validación de un test analítico?
12.	¿Sabe determinar experimentalmente las concentraciones de metabolitos, los parámetros cinéticos, termodinámicos y coeficientes de control de las reacciones del metabolismo intermediario?
13.	¿Sabe diseñar y ejecutar un protocolo completo de purificación de proteínas, de RNA celular y de DNA genómico de fuentes naturales?
14.	¿Podría describir las bases moleculares de la interrupción de la función génica por K.O., K.O. condicionales, por oligonucleótidos antisentido y por siRNAs y shRNAs en animales y plantas?
15.	¿Podría diseñar y ejecutar el clonaje de un cDNA partiendo de mRNA total en vectores bacterianos y de células eucariotas para expresar proteína recombinante y realizar mutagénesis dirigida?
16.	¿Tiene una visión integrada del funcionamiento celular tanto del metabolismo como de la expresión génica pudiendo relacionar la actividad de los diferentes compartimentos celulares?
17.	¿Sabe procesar células y tejidos para obtener preparaciones de orgánulos subcelulares purificados, caracterizándolos Bioquímica y estructuralmente?
18.	¿Puede describir las bases Bioquímicas y moleculares del plegamiento, tráfico intracelular, modificación post-traduccional y recambio de proteínas?
19.	¿Tiene una visión integrada del control de la expresión génica y del metabolismo a los diferentes niveles por acción de hormonas, neurotransmisores y factores de crecimiento positivos y negativos?
20.	¿Sabe buscar, obtener e interpretar la información de las principales bases de datos biológicos: genómicos, transcriptómicos, proteómicos, metabolómicos, datos bibliográficos, etc y usar las herramientas bioinformáticas básicas?
21.	¿Tiene una visión integrada de los sistemas de comunicación intercelular y de señalización intracelular que regulan la proliferación, diferenciación, desarrollo y función de tejidos y órganos animales?
22.	¿Tiene una visión integrada de los sistemas de comunicación intercelular y de señalización intracelular que regulan la proliferación, diferenciación, desarrollo y función de tejidos y órganos de plantas?
23.	¿Sabe diseñar, ejecutar e interpretar tests de diagnóstico microbiológico y virológico utilizando métodos moleculares y serológicos?
24.	¿Sabe diseñar, ejecutar e interpretar los resultados de las técnicas inmunoquímicas básicas (obtención y purificación de anticuerpos, inmunodifusión, ELISA, inmunoblotting, inmunohistoquímica e inmunocitoquímica)?
25.	¿Conoce las bases del diseño y funcionamiento de biorreactores?
26.	¿Sabe calcular, interpretar y racionalizar los parámetros relevantes en fenómenos de transporte y los balances de materia y energía en los procesos bioindustriales?
27.	¿Sabe diseñar y ejecutar un protocolo completo de obtención y purificación de un producto biotecnológico en un biorreactor?
28.	¿Conoce las estrategias de producción y mejora de alimentos por métodos biotecnológicos?
29.	¿Conoce las aplicaciones de los microorganismos en biorremediación, biorrecuperación y control de plagas?
30.	¿Tiene una visión integrada del proceso de I+D+i desde el descubrimiento de nuevos conocimientos básicos hasta el desarrollo de aplicaciones concretas de dicho conocimiento y la introducción en el mercado de nuevos productos biotecnológicos?
31.	¿Sabe buscar y obtener información de las principales bases de datos sobre patentes y elaborar la memoria de solicitud de una patente de un producto biotecnológico?
32.	¿Conoce y sabe aplicar los criterios de evaluación de riesgos biotecnológicos?
33.	¿Conoce los elementos fundamentales de la comunicación y percepción pública de las innovaciones biotecnológicas y de los riesgos asociados a ellas?
34.	¿Sabe diseñar una investigación prospectiva de mercado para un producto biotecnológico?
35.	¿Podría interpretar los resultados de los parámetros bioquímicos y celulares de una analítica de sangre y orina sugiriendo la orientación de las posibles patologías subyacentes a las alteraciones encontradas?



La metodología empleada en la valoración de las competencias específicas ha seguido el mismo protocolo descrito anteriormente para las competencias transversales genéricas. La relación de competencias específicas se ha elaborado considerando requisitos mínimos globales para la formación básica en Bioquímica y Biotecnología y por tanto, en principio, todas se consideran importantes, y deberían ser alcanzadas por el estudiante al acabar sus estudios, lo que puede variar es el nivel necesario.

En las siguientes tablas se describe el promedio de valores obtenidos en cada ítem. Además se ha determinado el diferencial entre la formación los licenciados actuales y la que los encuestados consideran adecuada para cada una de las competencias específicas, con el fin de detectar deficiencias y fortalezas de la formación actual en cada una de ellas (a mejorar y a mantener, respectivamente) y las diferencias específicas para cada perfil profesional.

**Tabla 7.2 . Valoración (1-10) por los licenciados en Bioquímica y Biotecnología de la formación actual de los licenciados y la deseable para los futuros graduados según los tres perfiles profesionales en competencias específicas.**

<i>Competencias específicas</i>	0. Lic. Actual	1. Perfil Inv./Doc.	2. Perfil Biomed.	3. Perfil Biotec./Indust.
1.	6,88	7,62	6,89	7,98
2.	5,25	7,16	6,76	7,32
3.	8,69	8,76	8,76	7,49
4.	7,40	8,41	8,56	7,55
5.	6,64	7,88	8,32	6,32
6.	7,22	8,02	7,83	7,18
7.	6,88	7,78	7,57	6,99
8.	6,38	7,57		7,15
9.	5,85	7,88	7,74	6,91
10.	7,64	9,01	8,73	8,65
11.	5,60	7,60	8,09	7,82
12.	6,07	7,60	7,79	7,36
13.	7,61	8,70	8,64	7,49
14.	6,79	8,46	8,44	7,10
15.	7,26	8,65	8,47	7,40
16.	7,73	8,62	8,76	7,37
17.	6,94	8,43	8,46	7,33
18.	7,52	8,42	8,30	7,12
19.	7,07	8,36	8,58	6,85
20.	7,34	8,97	8,77	7,88
21.	7,08	8,40	8,53	7,10
22.	6,27	8,07	7,81	7,08
23.	5,55	7,40	8,42	7,25
24.	7,31	8,38	8,60	7,45
25.	6,61	6,48	5,96	9,29
26.	5,81	5,84	5,29	9,21
27.	5,37	5,86	5,34	9,19
28.	5,89	6,11	5,44	9,02
29.	5,90	6,34	5,67	8,80
30.	5,59	7,13	6,79	9,07
31.	4,18	6,56	6,36	8,84
32.	4,28	6,60	6,36	8,65
33.	4,65	6,80	6,54	8,53
34.	3,46	5,53	5,29	8,62
35.	5,92	6,48	8,62	5,68

**Tabla 7.3 . Valoración (1-10) por los profesores de Bioquímica y Biotecnología sobre la formación actual de los licenciados y la deseable para los futuros graduados en competencias específicas según los tres perfiles profesionales.**

<i>Competencias específicas</i>	0. Lic. Actual	1. Perfil Inv./Doc.	2. Perfil Biomed.	3. Perfil Biotec./Indust.
1.	6,22	7,91	7,14	8,09
2.	4,91	7,02	6,44	7,58
3.	7,73	8,87	8,87	8,22
4.	4,97	7,86	8,33	7,53
5.	5,69	7,45	8,05	6,35
6.	6,63	8,41	8,14	7,89
7.	6,40	8,03	7,65	7,47
8.	5,60	7,31	7,74	7,12
9.	4,53	7,14	6,61	6,63
10.	6,15	8,33	8,19	8,43
11.	4,95	7,39	8,15	7,86
12.	5,37	7,60	7,54	7,07
13.	6,16	8,55	8,31	7,82
14.	5,73	8,12	8,17	7,23
15.	6,05	8,50	8,20	8,13
16.	6,48	8,60	8,48	7,49
17.	5,84	8,17	7,90	7,41
18.	6,31	8,18	7,73	7,28
19.	6,41	8,34	8,43	7,06
20.	5,91	8,66	8,71	8,35
21.	6,15	8,23	8,38	7,13
22.	5,22	7,77	6,80	7,47
23.	5,01	6,79	8,31	7,01
24.	5,74	7,89	8,45	7,33
25.	5,02	5,75	4,97	9,01
26.	4,13	5,19	4,46	9,08
27.	3,83	4,98	4,27	9,08
28.	4,67	5,81	5,00	8,92
29.	4,68	5,97	5,09	8,73
30.	3,47	6,74	6,29	8,60
31.	2,51	5,77	5,48	8,41
32.	2,98	5,96	6,03	8,60
33.	3,26	5,87	5,81	8,01
34.	2,06	4,40	4,38	8,06
35.	4,42	6,20	8,69	5,19

**Tabla 7.4. Valoración (1-10) por los empleadores del área de Bioquímica y Biotecnología sobre la formación actual de los licenciados y la deseable para los futuros graduados en competencias específicas y su importancia para cada uno de los perfiles profesionales propuestos.**

<i>Competencias específicas</i>	0. Lic. Actual	1. Perfil Inv./Doc.	2. Perfil Biomed.	3. Perfil Biotec./Indust.
1.	4,94	7,29	6,06	7,24
2.	4,73	7,00	6,56	7,55
3.	7,25	8,30	8,09	7,82
4.	4,97	7,16	7,88	7,23
5.	4,97	7,39	8,29	6,67
6.	5,86	7,94	7,91	7,53
7.	5,33	7,38	6,91	7,47
8.	5,32	7,48	7,76	7,42
9.	4,38	7,27	6,91	7,03
10.	5,50	8,47	8,46	8,50
11.	4,28	7,84	8,45	8,13
12.	4,41	7,33	7,47	7,61
13.	5,43	8,18	8,29	8,03
14.	5,85	7,97	8,06	7,70
15.	5,54	8,03	8,27	8,18
16.	5,63	8,59	8,34	7,94
17.	4,65	7,39	7,65	7,70
18.	5,35	7,88	7,55	7,38
19.	5,15	7,91	7,94	7,47
20.	5,06	8,50	8,69	8,24
21.	5,23	8,15	8,26	7,65
22.	4,67	7,74	7,03	7,90
23.	4,41	7,06	8,41	7,33
24.	5,09	7,85	8,63	7,74
25.	4,50	6,38	5,74	8,88
26.	3,97	5,94	5,34	8,79
27.	3,79	5,76	5,40	8,91
28.	4,35	6,56	5,43	8,79
29.	4,29	6,59	5,06	8,71
30.	3,53	6,94	6,94	8,76
31.	2,56	6,44	6,97	8,33
32.	3,23	6,59	7,00	8,56
33.	3,50	6,67	6,79	8,03
34.	2,24	5,62	6,06	8,09
	3,53	6,35	8,40	5,79

## 8. Clasificación de las competencias.

Las tres poblaciones de encuestadas han valorado las competencias transversales que consideran de mayor relevancia como se muestra en la Tabla 8.1.

**Tabla 8.1 . Importancia de las competencias transversales genéricas más valoradas por los tres colectivos encuestados de acuerdo con los perfiles profesionales analizados de los futuros graduados.**

<i>Competencias transversales más valoradas</i>	<b>Egresado</b>	<b>Profesor</b>	<b>Empleador</b>
Trabajar de forma adecuada en un laboratorio con material biológico (bacterias, hongos, virus, células animales y vegetales, plantas, animales) incluyendo seguridad, manipulación y eliminación de residuos biológicos y registro anotado de actividades	1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>
Trabajar de forma adecuada en un laboratorio químico-bioquímico incluyendo seguridad, manipulación y eliminación de residuos químicos y registro anotado de actividades	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>
Pensar de una forma integrada y abordar los problemas desde diferentes perspectivas	3 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>
Interpretar resultados experimentales e identificar elementos consistentes e inconsistentes	4 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>
Diseñar experimentos y comprender las limitaciones de la aproximación experimental	5 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>

De estos datos se deduce que no existen, como era de prever, competencias transversales específicas de un perfil profesional; y que para los tres perfiles profesionales considerados tienen la máxima valoración las mismas cinco competencias transversales que se indican en la tabla. Además los tres colectivos encuestados están de acuerdo en la valoración de estas competencias.

En cuanto a las competencias específicas más valoradas de acuerdo con cada uno de los perfiles profesionales, podemos resaltar su diversidad en función del perfil sobre todo las correspondientes al perfil biotecnológico/industrial con respecto a los otros dos perfiles.

Las competencias priorizadas son las siguientes:

***Perfil docente/investigador.***

- ✓ Tener una visión integrada del funcionamiento celular tanto del metabolismo como de la expresión génica pudiendo relacionar la actividad de los diferentes compartimentos celulares.

✓ Saber buscar, obtener e interpretar la información de las principales bases de datos biológicos: genómicos, transcriptómicos, proteómicos, metabolómicos, datos bibliográficos, etc y usar las herramientas bioinformáticas básicas.

***Perfil biomédico.***

✓ Saber buscar, obtener e interpretar la información de las principales bases de datos biológicos: genómicos, transcriptómicos, proteómicos, metabolómicos, datos bibliográficos, etc y usar las herramientas bioinformáticas básicas.

✓ Saber diseñar, ejecutar e interpretar los resultados de las técnicas inmunoquímicas básicas (obtención y purificación de anticuerpos, inmunodifusión, ELISA, inmunoblotting, inmunohistoquímica e inmunocitoquímica).

✓ Poder interpretar los resultados de los parámetros bioquímicos y celulares de una analítica de sangre y orina sugiriendo la orientación de las posibles patologías subyacentes a las alteraciones encontradas.

***Perfil biotecnológico/industrial.***

✓ Conocer las bases del diseño y funcionamiento de biorreactores.

✓ Saber calcular, interpretar y racionalizar los parámetros relevantes en fenómenos de transporte y los balances de materia y energía en los procesos bioindustriales.

✓ Saber diseñar y ejecutar un protocolo completo de obtención y purificación de un producto biotecnológico en un biorreactor.

✓ Conocer las estrategias de producción y mejora de alimentos por métodos biotecnológicos.

## **9. y 10. Valoración de las competencias de acuerdo con la experiencia académica y profesional.**

Como se comentó en el apartado 6, se ha determinado el diferencial entre la formación recibida y la que los encuestados consideran adecuada para cada una de las competencias, con el fin de determinar: a) las deficiencias y fortalezas de la formación actual en cada una de ellas, y b) las diferencias específicas para cada perfil profesional.

### **a. Competencias transversales.**

La formación en las diferentes competencias transversales en opinión de los egresados (licenciados actuales) debe mejorar para cualquier perfil profesional al menos 2 puntos sobre 10 (ver Tabla 9.1).

**Tabla 9.1 . Diferencias entre la formación de los licenciados actuales (perfil 0) y el nivel de formación adecuada para cada uno de los perfiles profesionales de acuerdo con la valoración de los licenciados en Bioquímica y Biotecnología.**

<i>Competencias instrumentales</i>	$\Delta$ perfil 1 sobre 0	$\Delta$ perfil 2 sobre 0	$\Delta$ perfil 3 sobre 0
1.	2,33	2,00	1,59
2.	1,70	1,52	1,64
3.	1,25	1,17	0,69
4.	1,81	1,81	1,27
5.	2,41	2,27	2,08
6.	1,80	1,73	1,74
7.	1,75	1,93	1,52
8.	2,14	2,33	2,26
9.	1,86	1,72	2,70
10.	1,68	1,68	1,81
11.	1,59	1,40	1,53
12.	1,90	1,84	1,82
13.	1,74	1,57	1,24
14.	1,85	1,63	1,93
15.	2,02	1,91	2,02
16.	2,31	2,42	2,79
17.	4,36	3,84	2,20
18.	4,48	4,10	3,48
Competencias personales	$\Delta$ perfil 1 sobre 0	$\Delta$ perfil 2 sobre 0	$\Delta$ perfil 3 sobre 0
1.	0,82	0,79	0,98
2.	1,04	1,01	0,99
3.	2,84	2,66	2,65
4.	4,85	4,68	4,13
5.	4,05	4,33	5,50
6.	2,38	2,29	2,55
7.	2,27	2,00	1,90
8.	2,16	2,42	2,21
Competencias sistémicas	$\Delta$ perfil 1 sobre 0	$\Delta$ perfil 2 sobre 0	$\Delta$ perfil 3 sobre 0
1.	1,55	1,40	0,86
2.	1,72	1,82	1,85
3.	2,42	2,22	1,97
4.	2,43	2,62	3,54
5.	2,20	2,18	2,96
6.	1,56	1,73	1,61
7.	2,32	2,31	2,08
8.	1,29	1,49	2,09
9.	2,10	2,11	1,93



Las mayores deficiencias que detectan los actuales licenciados y que se debería mejorar (diferenciales superiores a 2) son:

- ✓ Reconocer los problemas ecológicos-ambientales en el desarrollo y aplicación de las ciencias moleculares de la vida.
- ✓ Tomar decisiones.
- ✓ Escribir un artículo de divulgación en el que presente un contenido científico-técnico para su comprensión por un público no experto en su lengua nativa.
- ✓ Colaborar con grupos internacionales.
- ✓ Negociar ante una situación laboral.
- ✓ Entender la diversidad y la multiculturalidad.

Ninguna de las competencias transversales es considerada por los licenciados como más propia de un perfil profesional que de otro.

Por la valoración de los profesores de Bioquímica y Biotecnología (Tabla 9.2), las diferentes competencias transversales se deben mejorar para cualquier perfil profesional de manera sustancial, casi 3 puntos sobre 10 (2.8 para los perfiles 1 y 3; 2.6 para el perfil 2).

**Tabla 9.2 . Diferencias entre la formación de los licenciados actuales (perfil 0) y el nivel de formación adecuada para cada uno de los perfiles profesionales de acuerdo con la opinión de los profesores de Bioquímica y Biotecnología.**

<i>Competencias instrumentales</i>	<i>Δperfil 1 sobre 0</i>	<i>Δperfil 2 sobre 0</i>	<i>Δperfil 3 sobre 0</i>
1.	3,50	3,01	2,62
2.	2,84	2,46	2,71
3.	1,97	1,60	1,39
4.	3,40	3,05	2,80
5.	3,69	3,24	3,18
6.	2,75	2,66	2,80
7.	2,89	3,00	2,88
8.	3,02	3,74	3,57
9.	2,34	2,27	3,55
10.	3,54	3,11	3,10
11.	2,93	2,63	2,63
12.	2,51	2,36	2,60
13.	1,255	1,04	1,10
14.	2,88	2,75	3,20
15.	2,85	2,78	3,01
16.	3,33	3,45	3,86
17.	3,79	3,18	2,76
18.	4,87	4,22	4,16

<i>Competencias personales</i>	$\Delta$ perfil 1 sobre 0	$\Delta$ perfil 2 sobre 0	$\Delta$ perfil 3 sobre 0
1.	0,79	0,73	0,83
2.	1,62	1,55	1,64
3.	3,25	3,12	3,22
4.	4,46	4,18	4,14
5.	2,35	2,64	3,61
6.	1,05	0,95	1,01
7.	3,55	3,20	3,16
8.	2,27	2,44	2,45

<i>Competencias sistémicas</i>	$\Delta$ perfil 1 sobre 0	$\Delta$ perfil 2 sobre 0	$\Delta$ perfil 3 sobre 0
1.	2,83	2,46	2,33
2.	2,33	2,23	2,38
3.	3,39	2,68	2,64
4.	2,99	2,95	3,61
5.	3,34	3,06	3,68
6.	3,22	3,29	3,67
7.	2,79	0,00	2,82
8.	1,62	1,68	2,12
9.	3,00	2,92	2,97

Las mayores deficiencias que detectan los profesores y que se deberían mejorar en los tres perfiles (diferenciales superiores a 3) son:

- ✓ Interpretar resultados experimentales e identificar elementos consistentes e inconsistentes.
- ✓ Diseñar experimentos de continuación para la solución de un problema
- ✓ Aplicar las bases legales y éticas implicadas en el desarrollo y aplicación de las ciencias moleculares de la vida
- ✓ Pensar de una forma integrada y abordar los problemas desde diferentes perspectivas
- ✓ Tomar decisiones
- ✓ Escribir un artículo de divulgación en el que presente un contenido científico-técnico para su comprensión por un público no experto en su lengua nativa
- ✓ Hacer una presentación oral, escrita y visual de su trabajo a una audiencia profesional y no profesional en inglés
- ✓ Colaborar en grupos pluridisciplinarios
- ✓ Colaborar con grupos internacionales
- ✓ Razonar críticamente
- ✓ Iniciativa y espíritu emprendedor
- ✓ Aplicar los conocimientos teóricos a la práctica

Muy en particular, se detectan las mayores deficiencias (con diferenciales superiores a 4 puntos) en las siguientes competencias:

- ✓ Hacer una presentación oral, escrita y visual de su trabajo a una audiencia profesional y no profesional en inglés.
- ✓ Colaborar con grupos internacionales.

Además los resultados indican que de cara al perfil biotecnológico, existe una mayor deficiencia (y, en consecuencia, una mayor necesidad de mejorar) en las competencias:

- ✓ Reconocer los problemas ecológicos-ambientales en el desarrollo y aplicación de las ciencias moleculares de la vida
- ✓ Resolver problemas
- ✓ Organizar y Planificar su trabajo
- ✓ Negociar ante una situación laboral
- ✓ Liderazgo y dirección de equipos

La formación en las diferentes competencias transversales en opinión de los empleadores debe mejorar para cualquier perfil profesional de manera muy sustancial, más de 3 puntos sobre 10 (ver Tabla 9.3 ).

**Tabla 9.3 . Diferencias entre la formación de los licenciados actuales (perfil 0) y el nivel de formación adecuada para cada uno de los perfiles profesionales de acuerdo con la valoración de los empleadores en Bioquímica y Biotecnología.**

<i>Competencias instrumentales</i>	<i>Δperfil 1 sobre 0</i>	<i>Δperfil 2 sobre 0</i>	<i>Δperfil 3 sobre 0</i>
1.	3,71	3,91	3,36
2.	3,48	3,77	4,00
3.	3,04	3,16	2,83
4.	4,21	4,24	4,10
5.	4,26	4,26	4,29
6.	3,21	3,73	3,90
7.	3,42	4,11	4,07
8.	3,62	3,99	3,81
9.	2,88	2,49	3,50
10.	4,38	4,13	4,26
11.	4,02	3,79	3,71
12.	3,14	3,25	3,36
13.	1,40	1,36	1,33
14.	3,50	3,79	4,05
15.	2,90	3,29	3,29
16.	4,02	4,34	4,45
17.	4,35	3,76	2,98
18.	4,60	4,39	4,17

<i>Competencias personales</i>	<i>Δperfil 1 sobre 0</i>	<i>Δperfil 2 sobre 0</i>	<i>Δperfil 3 sobre 0</i>
1.	0,98	0,95	0,83
2.	1,38	1,52	1,52
3.	3,24	3,14	2,85
4.	4,48	4,23	3,74
5.	3,22	3,43	3,99
6.	1,00	0,61	0,58
7.	4,03	3,67	3,77
8.	2,69	2,63	2,58

<i>Competencias sistémicas</i>	<i>Δperfil 1 sobre 0</i>	<i>Δperfil 2 sobre 0</i>	<i>Δperfil 3 sobre 0</i>
1.	3,60	3,13	2,93
2.	3,17	3,04	3,08
3.	4,00	3,57	3,20
4.	3,32	3,46	3,92
5.	3,37	3,64	4,28
6.	4,27	4,46	4,75
7.	3,67	3,63	3,95
8.	1,59	1,75	1,79
9.	3,51	3,31	3,43

Las mayores deficiencias que detectan los empleadores en los tres perfiles (diferenciales superiores a 4) son:

- ✓ Interpretar resultados experimentales e identificar elementos consistentes e inconsistentes
- ✓ Diseñar experimentos de continuación para la solución de un problema
- ✓ Pensar de una forma integrada y abordar los problemas desde diferentes perspectivas
- ✓ Tomar decisiones
- ✓ Hacer una presentación oral, escrita y visual de su trabajo a una audiencia profesional y no profesional en inglés
- ✓ Aplicar los conocimientos teóricos a la práctica

### **b. Competencias específicas**

En general los licenciados actuales valoran positivamente su formación en todas las competencias específicas encuestadas con un diferencial de mejora de 1 punto para los tres perfiles profesionales (ver Tabla 9.4)

**Tabla 9.4 . Diferencias entre la formación de los licenciados actuales (perfil 0) y el nivel de formación adecuada para cada uno de los perfiles profesionales de acuerdo con la valoración de los licenciados en Bioquímica y Biotecnología.**

<i>Competencias específicas</i>	<i>Δ perfil 1 sobre 0</i>	<i>Δ perfil 2 sobre 0</i>	<i>Δ perfil 3 sobre 0</i>
1.	0,75	0,02	1,10
2.	1,91	1,50	2,07
3.	0,07	0,07	-1,19
4.	1,01	1,16	0,14
5.	1,24	1,67	-0,33
6.	0,80	0,61	-0,04
7.	0,89	0,69	0,11
8.	1,19	-6,38	0,78
9.	2,03	1,88	1,06
10.	1,37	1,09	1,01
11.	2,00	2,49	2,22
12.	1,54	1,72	1,29
13.	1,09	1,03	-0,12
14.	1,67	1,65	0,31
15.	1,39	1,21	0,14
16.	0,88	1,02	-0,36
17.	1,49	1,52	0,39
18.	0,90	0,78	-0,40
19.	1,29	1,51	-0,22
20.	1,63	1,43	0,54
21.	1,32	1,45	0,02
22.	1,79	1,54	0,81
23.	1,84	2,86	1,69
24.	1,07	1,29	0,14
25.	-0,14	-0,66	2,67
26.	0,03	-0,52	3,40
27.	0,49	-0,02	3,82
28.	0,22	-0,45	3,13
29.	0,44	-0,23	2,90
30.	1,54	1,19	3,47
31.	2,38	2,18	4,66
32.	2,32	2,08	4,37
33.	2,15	1,89	3,88
34.	2,07	1,83	5,16
35.	0,56	2,70	-0,24

Los egresados consideran que no son imprescindibles para el perfil profesional biotecnológico las siguientes competencias:

- ✓ Conocer la estructura y funciones de los orgánulos de una célula eucariota animal y de plantas.

- ✓ Saber diseñar y ejecutar un protocolo completo de purificación de proteínas, de RNA celular y de DNA genómico de fuentes naturales.
- ✓ Saber describir las bases moleculares de la interrupción de la función génica por K.O., K.O. condicionales, por oligonucleótidos anti-sentido y por siRNAs y shRNAs en animales y plantas.
- ✓ Saber diseñar y ejecutar el clonaje de un cDNA partiendo de mRNA total en vectores bacterianos y de células eucariotas para expresar proteína recombinante y realizar mutagénesis dirigida.
- ✓ Tener una visión integrada del funcionamiento celular tanto del metabolismo como de la expresión génica pudiendo relacionar la actividad de los diferentes compartimentos celulares.

Los egresados consideran específicas del perfil biotecnológico las siguientes competencias:

- ✓ Conocer las bases del diseño y funcionamiento de biorreactores.
- ✓ Saber calcular, interpretar y racionalizar los parámetros relevantes en fenómenos de transporte y los balances de materia y energía en los procesos bioindustriales.
- ✓ Saber diseñar y ejecutar un protocolo completo de obtención y purificación de un producto biotecnológico en un biorreactor.
- ✓ Conocer las estrategias de producción y mejora de alimentos por métodos biotecnológicos.
- ✓ Conocer las aplicaciones de los microorganismos en biorremediación, biorrecuperación y control de plagas.
- ✓ Tener una visión integrada del proceso de I+D+i desde el descubrimiento de nuevos conocimientos básicos hasta el desarrollo de aplicaciones concretas de dicho conocimiento y la introducción en el mercado de nuevos productos biotecnológicos.
- ✓ Saber buscar y obtener información de las principales bases de datos sobre patentes y elaborar la memoria de solicitud de una patente de un producto biotecnológico.
- ✓ Conocer y sabe aplicar los criterios de evaluación de riesgos biotecnológicos.

- ✓ Conocer los elementos fundamentales de la comunicación y percepción pública de las innovaciones biotecnológicas y de los riesgos asociados a ellas.
- ✓ Saber diseñar una investigación prospectiva de mercado para un producto biotecnológico.

Consideran específica del perfil biomédico la siguiente competencia:

- ✓ Saber interpretar los resultados de los parámetros bioquímicos y celulares de una analítica de sangre y orina sugiriendo la orientación de las posibles patologías subyacentes a las alteraciones encontradas

La competencia específica “Saber los criterios de validación de un test analítico”, es la que muestra un diferencial mayor hacia la necesidad de mejorar

En opinión de los profesores (Tabla 9.5), las diferentes competencias específicas se deben mejorar para cualquier perfil profesional de manera sustancial, unos 2 puntos sobre 10 (2.3 para los perfiles 1 y 2; 2.2 para el perfil 3).

**Tabla 9.5 . Diferencias entre la formación de los licenciados actuales (perfil 0) y el nivel de formación adecuada para cada uno de los perfiles profesionales de acuerdo con la valoración de los profesores de Bioquímica y Biotecnología.**

<i>Competencias específicas</i>	<i>Δperfil 1 sobre 0</i>	<i>Δperfil 2 sobre 0</i>	<i>Δperfil 3 sobre 0</i>
1.	1,69	0,92	1,87
2.	2,10	1,52	2,66
3.	1,14	1,14	0,49
4.	2,88	3,35	2,553
5.	1,76	2,35	0,65
6.	1,77	1,50	1,25
7.	1,63	1,25	1,07
8.	1,70	2,13	1,51
9.	2,60	2,07	2,10
10.	2,17	2,04	2,27
11.	2,44	3,19	2,91
12.	2,23	2,17	1,70
13.	2,38	2,14	1,65
14.	2,38	2,43	1,49
15.	2,44	2,14	2,07
16.	2,11	2,00	1,01
17.	2,32	2,05	1,56
18.	1,86	1,41	0,96
19.	1,93	2,01	0,65
20.	2,74	2,79	2,44
21.	2,07	2,22	0,97

22.	2,54	1,57	2,25
23.	1,78	3,30	2,00
24.	2,14	2,71	1,59
25.	0,73	-0,04	3,99
26.	1,06	0,33	4,94
27.	1,15	0,44	5,25
28.	1,13	0,32	4,24
29.	1,29	0,41	4,04
30.	3,26	2,81	5,13
31.	3,25	2,96	5,89
32.	2,97	3,04	5,62
33.	2,60	2,55	4,75
34.	2,33	2,31	5,99
35.	1,77	4,27	0,76

Las mayores deficiencias que detectan los profesores y que se deberían mejorar (diferenciales superiores a 2) son en las siguientes competencias:

- ✓ Sabe realizar cultivos de líneas celulares.
- ✓ Sabe buscar, obtener e interpretar la información de las principales bases de datos biológicos: genómicos, transcriptómicos, proteómicos, metabolómicos, datos bibliográficos, etc y usar las herramientas bioinformáticas básicas.
- ✓ Tener una visión integrada del proceso de I+D+i desde el descubrimiento de nuevos conocimientos básicos hasta el desarrollo de aplicaciones concretas de dicho conocimiento y la introducción en el mercado de nuevos productos biotecnológicos.
- ✓ Sabe buscar y obtener información de las principales bases de datos sobre patentes y elaborar la memoria de solicitud de una patente de un producto biotecnológico.

Consideran específicas del perfil biotecnológico las siguientes competencias:

- ✓ Conocer las bases del diseño y funcionamiento de biorreactores.
- ✓ Saber calcular, interpretar y racionalizar los parámetros relevantes en fenómenos de transporte y los balances de materia y energía en los procesos bioindustriales.
- ✓ Saber diseñar y ejecutar un protocolo completo de obtención y purificación de un producto biotecnológico en un biorreactor.
- ✓ Conocer las estrategias de producción y mejora de alimentos por métodos biotecnológicos.
- ✓ Conocer las aplicaciones de los microorganismos en biorremediación, biorrecuperación y control de plagas.
- ✓ Tener una visión integrada del proceso de I+D+i desde el descubrimiento de nuevos conocimientos básicos hasta el desarrollo de aplicaciones concretas de dicho conocimiento y la introducción en el mercado de nuevos productos biotecnológicos.
- ✓ Saber buscar y obtener información de las principales bases de datos sobre patentes y elaborar la memoria de solicitud de una patente de un producto biotecnológico.



- ✓ Conocer y saber aplicar los criterios de evaluación de riesgos biotecnológicos.
- ✓ Conocer los elementos fundamentales de la comunicación y percepción pública de las innovaciones biotecnológicas y de los riesgos asociados a ellas.
- ✓ Saber diseñar una investigación prospectiva de mercado para un producto biotecnológico.

Consideran específica del perfil biomédico la siguiente competencia:

- ✓ Poder interpretar los resultados de los parámetros bioquímicos y celulares de una analítica de sangre y orina sugiriendo la orientación de las posibles patologías subyacentes a las alteraciones encontradas.

El saber buscar y obtener información de las principales bases de datos sobre patentes y elaborar la memoria de solicitud de una patente de un producto biotecnológico, es la competencia específica que muestra un diferencial mayor hacia la necesidad de mejorar. En opinión de los empleadores (Tabla 9.6), las diferentes competencias específicas se deben mejorar para cualquier perfil profesional de manera sustancial, casi 3 puntos sobre 10 (2.64 y 2.73 para los perfiles 1 y 2 respectivamente y 3.2 para el perfil 3).

**Tabla 9.6 . Diferencias entre la formación de los licenciados actuales (perfil 0) y el nivel de formación adecuada para cada uno de los perfiles profesionales de acuerdo con la valoración de los empleadores del área de Bioquímica y Biotecnología.**

<i>Competencias específicas</i>	<i>Δperfil 1 sobre 0</i>	<i>Δperfil 2 sobre 0</i>	<i>Δperfil 3 sobre 0</i>
1.	2,35	1,12	2,30
2.	2,27	1,83	2,82
3.	1,05	0,84	0,57
4.	2,19	2,91	2,26
5.	2,42	3,32	1,70
6.	2,08	2,05	1,67
7.	2,04	1,58	2,14
8.	2,16	2,44	2,10
9.	2,89	2,53	2,65
10.	2,97	2,96	3,00
11.	3,56	4,17	3,84
12.	2,93	3,06	3,20
13.	2,75	2,86	2,60
14.	2,12	2,21	1,84
15.	2,49	2,73	2,64
16.	2,96	2,71	2,31
17.	2,75	3,00	3,05
18.	2,52	2,19	2,02

19.	2,76	2,79	2,32
20.	3,44	3,63	3,18
21.	2,92	3,03	2,42
22.	3,08	2,36	3,24
23.	2,65	4,00	2,92
24.	2,77	3,54	2,65
25.	1,88	1,24	4,38
26.	1,97	1,37	4,82
27.	1,98	1,61	5,12
28.	2,21	1,08	4,44
29.	2,29	0,76	4,41
30.	3,41	3,41	5,24
31.	3,88	4,41	5,77
32.	3,36	3,77	5,33
33.	3,17	3,29	4,53
34.	3,38	3,81	5,85
35.	2,82	4,87	2,26

Los empleadores detectan deficiencias en prácticamente todas las competencias específicas, aquellas cuyos diferenciales son superiores a 3 son:

- ✓ Saber los criterios de validación de un test analítico.
- ✓ Sabe procesar células y tejidos para obtener preparaciones de orgánulos subcelulares purificados, caracterizándolos Bioquímica y estructuralmente.
- ✓ Sabe buscar y obtener información de las principales bases de datos sobre patentes y elaborar la memoria de solicitud de una patente de un producto biotecnológico.

Los empleadores consideran específicas del perfil biotecnológico las siguientes competencias:

- ✓ Conocer las bases del diseño y funcionamiento de biorreactores.
- ✓ Saber calcular, interpretar y racionalizar los parámetros relevantes en fenómenos de transporte y los balances de materia y energía en los procesos bioindustriales.
- ✓ Saber diseñar y ejecutar un protocolo completo de obtención y purificación de un producto biotecnológico en un biorreactor.
- ✓ Conocer las estrategias de producción y mejora de alimentos por métodos biotecnológicos.
- ✓ Conocer las aplicaciones de los microorganismos en biorremediación, biorrecuperación y control de plagas.

- ✓ Tener una visión integrada del proceso de I+D+i desde el descubrimiento de nuevos conocimientos básicos hasta el desarrollo de aplicaciones concretas de dicho conocimiento y la introducción en el mercado de nuevos productos biotecnológicos.
- ✓ Saber buscar y obtener información de las principales bases de datos sobre patentes y elaborar la memoria de solicitud de una patente de un producto biotecnológico.
- ✓ Conocer y saber aplicar los criterios de evaluación de riesgos biotecnológicos.
- ✓ Conocer los elementos fundamentales de la comunicación y percepción pública de las innovaciones biotecnológicas y de los riesgos asociados a ellas.
- ✓ Saber diseñar una investigación prospectiva de mercado para un producto biotecnológico.

Los empleadores consideran específicas del perfil biomédico las siguientes competencias:

- ✓ Sabe diseñar, ejecutar e interpretar tests de diagnóstico microbiológico y virológico utilizando métodos moleculares y serológicos.
- ✓ Poder interpretar los resultados de los parámetros bioquímicos y celulares de una analítica de sangre y orina sugiriendo la orientación de las posibles patologías subyacentes a las alteraciones encontradas.

El saber buscar y obtener información de las principales bases de datos sobre patentes y elaborar la memoria de solicitud de una patente de un producto biotecnológico, es la competencia específica que muestra un diferencial mayor hacia la necesidad de mejorar.

## **11. Definición de los objetivos del título, estructura general, distribución de contenidos y asignación de créditos europeos.**

Definición de los objetivos de los títulos de grado en Bioquímica y Biotecnología. Estructura general de los títulos. Distribución en horas de trabajo del estudiante de contenidos y asignación de créditos europeos (ECTS)

**El objetivo de estas dos titulaciones es la formación generalista y la profesionalización de los egresados en Bioquímica y Biotecnología. El programa de Bioquímica** permitirá aprender a los estudiantes los diferentes constituyentes y las reacciones químicas de transformación que tienen lugar en los organismos vivos. Los estudiantes aprenderán las rutas metabólicas y los sistemas moleculares de transferencia de energía, información y la regulación integrada de estos procesos siendo capaces de usar los métodos para evaluar estos procesos moleculares y su papel decisivo para comprender la funcionalidad de tejidos, órganos y sistemas con énfasis en la salud y enfermedad humana. **El programa de Biotecnología** permitirá, con una buena base en los mecanismos moleculares del funcionamiento de los seres vivos, a los estudiantes aprender las aplicaciones biotecnológicas para la producción de bienes y servicios y el escalado industrial de los procesos biotecnológicos junto con gran parte de las aplicaciones de la biotecnología y la gestión de recursos. Las orientaciones actuales tanto del EEES, como las recomendaciones de la ASBMB, hacen más hincapié en el aprendizaje y utilización de conocimientos (saber y saber hacer) que en el área científica tradicional o departamental en la que se puedan encuadrar las materias que se imparten. Este es especialmente el caso de la Bioquímica y de la Biotecnología, o más genéricamente de las Biociencias Moleculares y la Biotecnología, que son ciencias de frontera: adquieren y desarrollan conocimientos con aplicación de recursos proporcionados por otras ramas de la ciencia y fomentan el desarrollo de nuevas herramientas y aplicaciones para sus objetivos propios.

Los objetivos genéricos de ambas titulaciones serían pues:

- ♦ Un bioquímico y un biotecnólogo debe ser capaz de evaluar y discernir los diferentes mecanismos moleculares y las transformaciones químicas responsables de un proceso biológico, así como desarrollar una clara percepción de situaciones que siendo diferentes, muestran analogías, lo que permite el uso de soluciones conocidas a nuevos problemas.

- ◆ Un bioquímico y un biotecnólogo debe familiarizarse con el trabajo en el laboratorio, la instrumentación y los métodos experimentales más utilizados. Además debe de ser capaz de realizar experimentos, y/o diseñar aplicaciones, de forma independiente y describir, cuantificar, analizar y evaluar críticamente los resultados obtenidos.
- ◆ Un bioquímico y un biotecnólogo debe familiarizarse con la literatura científica y técnica de su área, percibir claramente los avances actuales y los posibles desarrollos futuros.
- ◆ Un bioquímico y biotecnólogo debe apreciar claramente las implicaciones éticas, sociales, económicas y ambientales de la actividad profesional de su área de trabajo.
- ◆ Un bioquímico y un biotecnólogo debe ser capaz de comunicar aspectos fundamentales de su actividad profesional a otros profesionales de su área, o de áreas afines, y a un público no especializado.

## 12. Estructura general del Título

**Se proponen dos Ciclos de grado de 3 años (180 ECTS) y dos títulos: grado de Bioquímica y grado de Biotecnología.**

*Argumentación de la propuesta*

Las ventajas de titulaciones de 3 años y 180 ECTS son:

- Alta concordancia con la mayoría de los países europeos que han adoptado un sistema 3+2 (Grado de 180 ECTS y Máster de 120 ECTS), lo que a su vez facilita la movilidad de estudiantes en Europa, siendo este uno de los objetivos del proceso de convergencia del EEES.
- Permite la realización de Másteres con mayor entidad y profundización en las múltiples aplicaciones de la Bioquímica y la Biotecnología (120 ECTS).
- Da mayor flexibilidad para establecer Másteres conjuntos con otras universidades tanto españolas como extranjeras.
- Proporciona una salida profesional rápida a los estudiantes para integrarse en la vida laboral.

Por otro lado en la encuesta realizada a los tres colectivos (egresados, profesores y empleadores) de las opciones que se les ofrecían para las futuras titulaciones de grado, la opción más votada por los tres colectivos fue dos títulos de grado con 2 ó 3 años comunes y 1 ó 2 años específicos.

La desventaja más importante de un grado de 3 años y 180 ECTS es el nivel de conocimientos y destrezas de los futuros estudiantes que accederán desde el bachillerato a estas dos titulaciones. Sin embargo, aunque debería mejorarse la formación de los estudiantes que accedan a estas titulaciones, esta desventaja podría paliarse con una mayor dedicación a la orientación y seguimiento del estudiante durante el primer año de los estudios de grado.

### **Contenidos comunes obligatorios específicos de Bioquímica y Biotecnología.**

La distribución de contenidos específicos comunes (conocimientos y competencias, saber y saber hacer) se ha distribuido en 9 bloques. Las dos titulaciones tienen contenidos compartidos y propios, diferenciados para Bioquímica o Biotecnología. El esquema básico sería un tronco común del que salen ambas titulaciones. Este esquema no es rígido, pudiéndose contemplar dos posibilidades extremas de organización temporal:

- a) Mantener el tronco común a ambas titulaciones en su impartición, con lo cual los estudiantes de ambos grados estarían estudiando las materias durante 12 ó 18 meses, y se diferenciarían en Bioquímica y Biotecnología independientes durante 24 ó 18 meses, respectivamente.
- b) Hacer la separación desde el inicio entre estudiantes de grado de Bioquímica y de Biotecnología, aunque de igual forma existirían contenidos comunes que ambos graduados compartirían.

### **Ventajas y objeciones de las dos organizaciones temporales de las titulaciones**

- Ambas organizaciones temporales permiten una economía de recursos personales y materiales para la consecución de los objetivos, al compartirse contenidos entre ambos títulos de grado.
- La principal ventaja de la opción de trayectoria independiente con contenidos comunes es que el estudiante está estudiando para Bioquímico o para Biotecnólogo, lo cual crea en el estudiante una identificación profesional inmediata nada más empezar sus estudios universitarios.
- La principal ventaja de la opción de trayectoria común de ambas titulaciones durante un periodo largo (18-24 meses) es la facilidad con la que puede organizarse el estudiante para obtener ambos grados. Los estudiantes que quieran obtener ambas titulaciones tendrían que cursar los contenidos específicos que no ha cursado previamente, la organización temporal sería similar a los ya cursados, lo que le permitiría, en un año, o año y medio más, la doble titulación de grado.
- Una posible objeción de la opción de trayectoria común de ambas titulaciones de grado durante un periodo largo es la poca o nula identificación que esta organización produce en el estudiante respecto a su trayectoria profesional, ya que sería a mitad de sus estudios cuando empezaría a percibir las diferencias de formación profesional.

La decisión de qué modelo seguir (o combinación de modelos) de ordenación curricular debe dejarse a los planes de estudio que cada Universidad deberá elaborar en base a las directrices generales, en los que sin duda entrarán a formar parte de la decisión otros aspectos: disponibilidad de aulas y laboratorios, recursos de profesorado, etc. Finalmente en apoyo de la existencia de contenidos comunes y organización propia de cada universidad,

cabe destacar que en el estudio realizado de ambos títulos de grado en los países europeos existen ejemplos para ambas modalidades de ordenación.

**Las áreas o bloques temáticos de la propuesta de contenidos específicos se resumen en la siguiente tabla.**

Bloques TEMÁTICOS	ECTS	ECTS
	Bioquímica	Biotecnología
1. Química para las Biociencias Moleculares	12,00	12,00
2. Fundamentos de Biología, Microbiología y Genética	12,00	12,00
3. Física, Matemática e Informática para las Biociencias Moleculares	12,00	12,00
4. Métodos Instrumentales Cuantitativos y Biología Molecular de Sistemas	10,00	10,00
5. Bioquímica y Biología Molecular	26,00	26,00
6. Integración fisiológica y aplicaciones de la Bioquímica y Biología Molecular	30,00	
7. Bioingeniería y Procesos Biotecnológicos		26,00
8. Aspectos Sociales y Económicos de la Bioquímica y la Biotecnología	4,00	10,00
9. Proyecto fin de carrera	15,00	15,00
	Total ECTS:	121,00
	Porcentaje a 180 ECTS (3 años):	67,22
	SUMA ECTS comunes:	91,00
	SUMA ECTS específicos:	30,00
	ECTS comunes (%):	50,56
	ECTS específicos (%):	16,67

### **Contenidos y competencias de los diferentes bloques temáticos de Bioquímica y Biotecnología.**

En cada uno de los bloques se detallan, a continuación, los contenidos y competencias de conocimiento (*saber*) e instrumentales (*saber hacer*) específicos. Aquellas **competencias específicas** cuya relevancia ha sido refrendada para la formación de los graduados por los datos recogidos de las encuestas realizadas a egresados, profesores y empleadores se resaltan en **negrita**. *Las competencias transversales* no vienen reflejadas

en su totalidad, porque se consideran que todas ellas deben ser fomentadas en todos los bloques en mayor o menor medida. En algunos casos se han incluido, y se indican en ***negrita y cursiva*** para enfatizar que no se olviden en el bloque respectivo.

En algunas competencias (saber hacer) se han incluido términos como “sobre datos publicados”. En estos casos se refiere a la posibilidad adicional, o alternativa, de utilizar trabajos publicados originales como base para que el estudiante adquiera la competencia correspondiente, bien directamente por la lectura de esos trabajos, o bien porque el profesor seleccione datos de los trabajos originales y se los presente al estudiante para su análisis, interpretación y discusión. La experiencia directa, o través de la literatura científica, a situaciones reales es fundamental para la formación del graduado.

Los contenidos y competencias reflejan también el nivel de profundización (contenidos) y de consecución (competencias) que debe alcanzar el aprendizaje del graduado.

Se han utilizado dos niveles de profundización de los conocimientos:

- **Introducción.** Conocimiento de los principios o aplicaciones fundamentales y aparecerá como tal contenido indicándose delante el nivel introductorio. Aparecen como Introducción o Fundamentos o con texto subrayado.
- **Generalista.** Todos aquellos conocimientos cuyo aprendizaje se considera esencial para la temática particular por constituir objetivos generalistas de la formación profesionalizante, y por tanto aparecerán sin caracteres especiales.

Se han utilizado dos niveles de **consecución de las competencias**, y por tanto de exigencia de formación:

- **Umbral o Basal.** Saber los principios o aplicaciones fundamentales de un tema o proceso. Aparecen sin caracteres especiales.
- **Bueno.** Dominar no solamente los principios o aplicaciones fundamentales, sino además su aplicación concreta y detallada en diferentes entornos temáticos donde se apliquen los principios o aplicaciones generales. Aparecen con calificativos: **bien, correctamente,** etc en **negrita subrayado.**

Los contenidos y competencias, y las matizaciones de nivel, tienen un carácter orientativo acerca de lo que podría ser la base para el desarrollo de los planes de estudio que cada Universidad debe elaborar, y se espera que sean de ayuda a los docentes que vayan a elaborar los programas de las futuras asignaturas en las que se desarrollen los bloques para definir claramente tanto los contenidos como las competencias de la respectiva asignatura que se va a impartir. Por otro lado, el estudiante conocerá de antemano lo que puede esperar



aprender y el nivel de aprendizaje de conocimientos y de competencias que puede alcanzar, y sobre el que se va a realizar su evaluación.

A continuación se detallan los contenidos y competencias específicos de los diferentes bloques.

## 1. Química para las Biociencias Moleculares.

Este bloque pretende conseguir el aprendizaje por parte del estudiante de los fundamentos de Química (General, Química-Física, Orgánica e Inorgánica) necesarios para estudiar y comprender los procesos biológicos y adiestrarle en las operaciones experimentales básicas en química, trabajando de forma segura y eficaz. Se ha considerado un mínimo de 12 ECTS para este bloque, aunque en la mayor parte de los títulos de grado europeos analizados se recomienda que sea de 15 ECTS y que se imparta en el primer año de los estudios de grado.

### Contenidos:

- 1.1. La materia y su composición. Estructura atómica. Tabla periódica. Enlace químico y Nomenclatura Química. Interacciones no covalentes.
- 1.2. Termodinámica y equilibrio: Leyes de las combinaciones químicas. Especies químicas. Estequiometría. Equilibrio químico. Termodinámica de las reacciones químicas
- 1.3. Cinética de las reacciones químicas. Catálisis química. Introducción a la Biocatálisis.
- 1.4. Disoluciones. Equilibrios iónicos en disolución. Disoluciones reguladoras.
- 1.5. Reacciones de oxidación-reducción. Electroquímica. .
- 1.6. Química de los fenómenos de superficie. Adsorción. Coloides.
- 1.7. Clases y estructuras de los compuestos orgánicos incluyendo los grupos funcionales. Nomenclatura (denominación de compuestos orgánicos simples y complejos)
- 1.8. Introducción a los mecanismos de reacciones orgánicas, incluyendo las formas para categorizar esas reacciones. Isomería y estereoquímica de las reacciones orgánicas.
- 1.9. Técnicas básicas de Química Orgánica, incluyendo los tests de grupos funcionales orgánicos.
- 1.10. Introducción general a polímeros: estructura química y propiedades físico-químicas.
- 1.11. Introducción a los métodos espectroscópicos de elucidación estructural.
- 1.12. Introducción al papel de los metales en la estructura y función de biomoléculas
- 1.13. Introducción a la síntesis de péptidos y oligonucleótidos.
- 1.14. Introducción a la química combinatoria.

Conocimientos a adquirir con el bloque de Química (saber):

- Describir **correctamente** la naturaleza de la materia y la formación de los diferentes tipos de enlaces químicos.
- Describir **correctamente** los diferentes tipos de enlaces no-covalentes y citar ejemplos de aplicaciones biológicas.
- Describir **correctamente** con palabras y con fórmulas matemáticas las tres leyes de la energética de las reacciones químicas. Termodinámica.
- **Predecir correctamente la espontaneidad de una reacción en base a los cambios entrópicos y entálpicos y de la energía libre en condiciones estándar y no estándar.**
- Describir **bien** los factores que afectan a la velocidad de reacción. Catálisis química y Biocatálisis
- Describir **bien** con palabras y con fórmulas matemáticas la solubilidad, insolubilidad y propiedades ácido-base de diferentes compuestos. Diferenciar bien los conceptos de sedimentación y de precipitación.
- Describir cualitativa y cuantitativamente los cambios en las propiedades coligativas de un solvente por la adición de un soluto. Incluyendo: presión de vapor, punto de ebullición, punto de congelación y presión osmótica.
- Predecir la solubilidad de un compuesto en base a los parámetros entálpicos y entrópicos de una solución y los cambios de solubilidad en función de la temperatura.
- Describir **correctamente**, con sus reacciones y sus constantes de equilibrio, los principales tampones de importancia biológica y aquellos de uso más frecuente en laboratorios de Bioquímica.
- Valorar **correctamente** cuantitativa y cualitativamente los intervalos de tamponamiento de una solución tampón o amortiguadora, sabiendo seleccionar el tampón más adecuado para el rango de pH necesario.
- Describir **bien** las reacciones de oxidación-reducción. Formular semireacciones y sus combinaciones.
- Identificar **correctamente** el ánodo y cátodo y las reacciones de oxido-reducción que ocurren en cada electrodo en una pila galvánica y una célula electrolítica. Determinar el potencial de una célula y su relación con la energía libre en condiciones estándar y no estándar.
- Conocer **bien** la nomenclatura, simbología y unidades empleadas en Química Orgánica.
- Conocer la estructura, nomenclatura y reactividad de los principales compuestos orgánicos.
- Comprender **bien** el concepto de quiralidad y entender la conformación de las moléculas orgánicas.
- Entender los principios básicos de los mecanismos de las reacciones orgánicas.
- Comprender **bien** las bases de la estructura y reactividad de los principales biomoléculas simples.
- Entender la base química de las reacciones de polimerización
- Describir **bien** las bases de las reacciones de síntesis de péptidos y oligonucleótidos.
- Entender los principios de las reacciones utilizadas en química combinatoria y sus aplicaciones.

- Entender los principios básicos de los métodos espectroscópicos de elucidación estructural.
- Saber ilustrar con ejemplos el papel de los metales en la estructura y función de biomoléculas.

Competencias a adquirir con el bloque de Química (saber hacer)

- ***Trabajar de forma adecuada en un laboratorio químico-bioquímico incluyendo seguridad, manipulación y eliminación de residuos químicos y registro anotado de actividades.***
- Expresarse **correctamente** con términos químicos.
- Formular **correctamente** cualquier compuesto inorgánico u orgánico de relevancia biológica e identificar sus grupos funcionales y su comportamiento en soluciones acuosas.
- Predecir las propiedades químicas y la reactividad de compuestos inorgánicos y orgánicos relevantes en biología en base a la estructura atómica y/o molecular.
- Realizar **bien** ajustes estequiométricos de reacciones químicas.
- Aplicar **correctamente** el concepto de equilibrio químico, valorar los factores que lo afectan y calcular constante de equilibrio.
- Trabajar **correctamente** con varias unidades de concentración incluyendo molaridad, normalidad, molalidad, fracción molar y % en peso y volumen e interconvertir entre las diferentes unidades.
- Preparar **bien** disoluciones ajustadas en volumen, concentración y con pH determinados. Determinar el pH en una titulación a mitad del punto de equivalencia, en el punto de equivalencia y después del punto de equivalencia. Explicar cómo y por qué cambia el color de un indicador de pH.
- Pipetear **correctamente** con precisión desde microlitros a mililitros.
- Pesar **correctamente** sustancias con precisión desde décimas de miligramo a gramos.
- Familiarizarse con el uso de los principales instrumentos habituales en un laboratorio químico y bioquímico
- Determinar **correctamente** órdenes de reacción y constantes cinéticas.
- Aplicar los conocimientos adquiridos a resolución de problemas de oxidación-reducción de relevancia biológica.
- Escribir fórmulas químicas de los compuestos orgánicos de relevancia biológica y evaluar las características principales de reactividad asociándolas a sus propiedades estructurales.
- **Saber realizar bien los tests para identificación de los grupos funcionales orgánicos fundamentales que caracterizan a las diferentes biomoléculas.**
- Aplicar los conceptos de estereoquímica y quiralidad a biomoléculas simples.
- Relacionar los diversos mecanismos de reacciones orgánicas con procesos biológicos.
- Deducir una fórmula estructural a partir de datos químicos y espectroscópicos de biomoléculas simples.

## 2. Fundamentos de Biología

Este bloque contiene la introducción a la complejidad de diseño estructural y funcional de los organismos vivos (desde microorganismos a organismos superiores: animales y plantas) y a las propiedades básicas de estos organismos en cuanto a su mantenimiento energético y reproducción. Se considera importante una introducción específica de Microbiología por la relevancia que tienen los microorganismos en el desarrollo metodológico y de aplicaciones tanto en Bioquímica como en Biotecnología. Se ha considerado un mínimo de 12 ECTS para este bloque.

### Contenidos:

- 2.1. Diversidad de la vida. Dominios y reinos de los organismos vivos y sus características. Relaciones evolutivas y ecológicas en y entre los diferentes reinos. Clasificación y filogenia
- 2.2. Teoría celular. Las células como unidad fundamental de la vida. Organización física y química de la vida en células procarióticas y eucarióticas, estructura y función celular, bioenergética, división celular, genética, expresión génica, síntesis de proteínas y evolución.
- 2.3. Límites celulares y superficies celulares: organización de membranas y paredes celulares, transporte a través de las membranas, matriz extracelular y uniones célula-célula
- 2.4. Orgánulos celulares y su integración en la función celular. Núcleo, Retículo endoplásmico, Golgi, Lisosomas, Mitocondrias, Cloroplastos. Aislamiento y caracterización.
- 2.5. Citoesqueleto celular. Microtúbulos, microfilamentos y filamentos intermedios. Citoesqueleto y motilidad celular, motores celulares.
- 2.6. Bases del flujo de la información genética. Estructura de los genes, transcripción, procesamiento de preRNAs y traducción. El DNA como base de la información genética. Experimentos de Griffith y Avery. Replicación semiconservadora y experimentos de Messelson y Stahl.
- 2.7. Introducción a los procesos bioquímicos de obtención, utilización y almacenamiento de energía.
- 2.8. Introducción a la Microbiología. Clasificación de los microorganismos: Archaea, Bacteria y Eucariontes. Estructura, función, metabolismo y genética de bacterias y hongos. Importancia ambiental, biotecnológica y económica de bacterias y hongos. Relación huésped-parásito. Simbiosis. Reacciones de defensa a microorganismos, inmunidad.

- 2.9. Introducción a los cultivos bacterianos y celulares.
- 2.10. Introducción al ciclo celular y su regulación. Mitosis y meiosis. Diferenciación, senescencia y muerte celular.
- 2.11. Tipos celulares de animales y plantas. Origen embrionario. Organización y funciones. Matriz extracelular. Integración de células en tejidos. Estructura, organización y función de tejidos y órganos.
- 2.12. Fundamentos de genética. Genotipo y fenotipo. Genética mendeliana y no mendeliana. Aplicaciones de los principios genéticos a la solución de problemas de plantas, animales y humanos (segregación). Bases moleculares de la variación y de la mutación. Determinación de cariotipos y bandeo cromosómico. Introducción al análisis de pedigrís (árboles genealógicos) y ligamiento.
- 2.13. Fundamentos de genética de poblaciones. Leyes del equilibrio alélico (Hardy-Weinberg). Cambios en las frecuencias génicas por selección y deriva. Evolución neutra y darwiniana. Especiación.
- 2.14. Introducción a la evolución. Principios, evidencia y contexto histórico de las teorías evolutivas. Soluciones evolutivas a los problemas de supervivencia y reproducción de protistas, hongos, plantas y animales. Presión evolutiva, aproximación filogenética.
- 2.15. Aspectos humanos y sociales de la biología. Reproducción, desarrollo, consejo genético, inmunidad, evolución, biodiversidad, ecología y aspectos medio ambientales.

Conocimientos a adquirir con el bloque de Biología (saber):

- Desarrollar una **buena** comprensión general de los fundamentos de la biología.
- Dominar **bien** la terminología básica de la biología y ser capaz de expresar correctamente los conceptos y principios biológicos.
- Comprender **bien** la estructura y función de los organismos vivos, los procesos vitales y su diversidad en la biosfera.
- Demostrar una **buena** comprensión de los tipos mayoritarios de organismos vivos y las diferencias fundamentales en su formación, organización y funciones.
- Demostrar una **buena** comprensión de la biología general de los microorganismos.
- Demostrar una **buena** visión integrada de la célula desde una perspectiva morfo-funcional.
- Demostrar una **buena** comprensión de la unidad de los principios por los que se rige la función celular desde una perspectiva molecular, tanto desde el punto de vista informacional como energético.
- Comprender **bien** el concepto de tejido y diferenciar las variedades tisulares del organismo animal y vegetal.
- Conocer y comprender **bien** la estructura histológica de los diferentes órganos del organismo animal y vegetal y comprender su participación en la fisiología y las relaciones estructura-función.

- Asociar las diferentes estructuras histológicas (órganos y sistemas) como resultantes del proceso evolutivo de adaptación a lo largo de la escala filogenética.
- Tener una comprensión sólida y **buena** de los fundamentos de la genética y de la reproducción.
- Demostrar una **buena** comprensión de los factores determinantes de la evolución.
- Demostrar **buena** comprensión global de la organización molecular de la célula desde el punto de vista energético e informacional.
- Tener una **buena** comprensión de las principales técnicas instrumentales básicas de la biología a nivel morfo-funcional. Incluyendo la interpretación de imágenes celulares y subcelulares obtenidas por microscopía electrónica
- Tener comprensión de las bases biológicas sobre la que se fundamentan las aplicaciones y extensiones de la biología en varios campos incluyendo: biotecnología, biología humana, animal, plantas y el medio ambiente.

#### Competencias a adquirir con el bloque de Biología (saber hacer)

- *Ser capaz de dar una charla breve a un auditorio no especializado acerca de un tema general de Biología con posible impacto actual en la sociedad.*
- *Aprender a trabajar de forma adecuada en un laboratorio con material biológico (bacterias, células animales y vegetales, plantas, animales) incluyendo seguridad, manipulación y eliminación de residuos biológicos y registro anotado de actividades.*
- Realizar **bien** cultivos en medio sólido y líquido de microorganismos y determinar su sensibilidad a antibióticos.
- Adquirir, desarrollar y aplicar **bien** las principales técnicas de preparación, tinción y observación de muestras biológicas. Preparación de extensiones, montajes totales, secciones de parafina y congeladas de tejidos animales y de plantas.
- Adquirir **bien** las capacidades de observación e interpretación de los resultados obtenidos a través de microscopios ópticos y de fluorescencia, así como los principios elementales de la microfotografía en soporte de película e informático.
- Identificar y describir los distintos órganos y tejidos animales y vegetales en preparaciones *in situ* y en preparaciones histológicas.
- Ser capaz de analizar **bien** un pedigrí y definir el tipo de herencia de un determinado genotipo-fenotipo.
- Ser capaz de realizar **bien** la construcción de un cariotipo de animales y/o plantas e interpretar **bien** los resultados de diferentes tipos de bandeo cromosómico.
- Ser capaz de resolver problemas prácticos de genética (incluyendo genética de poblaciones).

### **3. Bloque de Física, Matemática, Estadística e Informática para las Biociencias Moleculares.**

En este bloque se incluye la Física (mecánica, fluidos, electromagnetismo, reacciones nucleares, técnicas de imagen no invasiva) con orientación biológica y basada en cálculo cuando sea necesario. Bajo el epígrafe de Matemáticas se incluyen tanto contenidos propios de la Matemática (álgebra, cálculo numérico, series, diferenciación, integración, análisis de datos, representaciones gráficas, etc), como los contenidos de otras dos ciencias frontera: Bioestadística e Informática, haciendo hincapié en el uso de paquetes informáticos para su estudio. Se ha considerado que 12 ECTS es el mínimo para este bloque.

#### **Contenidos:**

- 3.1. Dimensiones y unidades físicas. Sistemas de coordenadas. Idealización, aproximación y precisión.
- 3.2. Mecánica. Estática y Dinámica. Equilibrio de Estado. Estática y dinámica del sistema músculo esquelético.
- 3.3. Fluidos. La naturaleza de los fluidos. Ecuación de Poiseuille. Flujo pulsátil. Sistema Cardiovascular humano y animal. Velocidad de la sangre y turbulencias.
- 3.4. Electricidad. Fuerza de Coulomb. Potencial eléctrico. Potencial de membrana. Potencial de acción. Topología de circuitos. Circuitos. Ley de Ohm. Circuitos con condensadores y resistencias. Modelo de cable del axón. Potenciometría.
- 3.5. Magnetismo. Campos magnéticos. Introducción a la espectrometría de masas y a técnicas de imagen por resonancia magnética.
- 3.6. Física atómica. Radiación electromagnética. Sensibilidad espectral del ojo. Radiación infrarroja.
- 3.7. Física nuclear. Estructura del núcleo atómico. Partículas elementales. Interacción de partículas. Efectos biológicos de la radiación.
- 3.8. Termodinámica. Sistemas estadísticos. Energía y potencial químico. Calor. Regulación de la temperatura del organismo. Metabolismo energético. Fotosíntesis y generación de entropía en la biomasa.
- 3.9. Física de ondas. Cinemática. Superposición. Efectos de confinamiento. Efecto Doppler. Imagen de ondas. Física de la audición. Espectro de la radiación electromagnética. El sistema visual como detector de la radiación electromagnética. Reflexión y refracción. Difracción. Espectrofotometría visible y UV.
- 3.10. Números. Análisis de errores. Sistemas binarios octales y hexadecimales, números complejos.

- 3.11. Álgebra, soluciones gráficas, transformación de ecuaciones y fórmulas. Funciones y gráficas. Revisión de funciones y gráficas, incluyendo las funciones polinómicas y racionales. Inecuaciones de una variable.
- 3.12. Revisión de trigonometría, problemas de dominios, asíntotas, fracciones parciales, funciones de trigonometría inversa, hiperbólicas y funciones inversas hiperbólicas
- 3.13. Diferenciación: velocidades, aproximaciones polinómicas de Taylor, diferenciación implícita y logarítmica, soluciones gráficas detalladas, incluyendo inferencia, formas intermedias y límites.
- 3.14. Integración. Substitución, partes, técnicas generales, uso de tablas extensivas, áreas, centroides, volúmenes, longitudes de arco, áreas de superficie, integración numérica.
- 3.15. Probabilidad. Funciones de probabilidad de variables discretas y continuas. Parámetros de tendencia central de la función de distribución de las variables: media (aritmética, geométrica y armónica), moda y mediana. Parámetros de dispersión: Estimación de varianza, desviación típica, coeficiente de variación.
- 3.16. Contraste de hipótesis paramétricas y no paramétricas. Tests de variables apareadas y no apareadas. Tests de conformación a la distribución normal. Tests no paramétricos de comparación.
- 3.17. Modelos lineales: análisis de varianza, regresión lineal y análisis de covarianza. Análisis básicos de datos: resúmenes gráficos y numéricos de una variable, representaciones de dos variables, correlación, ajustes de regresión. Elementos estadísticos para el diseño experimental en Bioquímica.
- 3.18. Análisis multivariante: regresión lineal, múltiple y análisis de covarianza múltiple.
- 3.19. Introducción a la Informática. Información y su unidad. Componentes básicos del hardware. Microprocesadores, sistemas numéricos y lógica Booleana.
- 3.20. Introducción básica al software. Operaciones lógicas. Diagramas de flujo de información. Lenguajes de programación. Programación dinámica: soluciones óptimas para un problema.
- 3.21. Concepto de Algoritmo. Estructura de datos y algoritmos. Subrutinas y procedimientos. Verificación de algoritmos. Bases de datos. Variables. Vectores. Tablas. Colas. Stacks y árboles. Criterios de búsqueda
- 3.22. Aplicaciones a las bases de datos bibliográficos y biológicos. Matrices. Algoritmos heurísticos de alineamiento de secuencias. Interpretación de resultados.

Conocimientos a adquirir con el bloque de Física y Matemáticas (saber):

- Adquirir una **buena** comprensión general de los principios físicos aplicados a los sistemas biológicos
- Dominar **bien** la terminología básica de magnitudes físicas para los diferentes tipos de interacciones de la materia.
- Aplicar los conceptos de velocidad, aceleración, rotación y rozamiento a diferentes fenómenos biológicos.
- Describir en términos físicos las propiedades de las fibras musculares: elasticidad, contracción y relajación.
- Describir en términos físicos las propiedades de los fluidos corporales: viscosidad, turbulencia, velocidad de flujo y fuerzas de arrastre.



- Describir en términos físicos las bases de la transmisión del impulso nervioso.
- Describir en términos físicos las bases de la visión.
- Describir en términos físicos las bases de la audición.
- Describir **bien** los principios básicos del funcionamiento de un colorímetro-espectrofotómetro, de un espectrómetro de masas y de resonancia magnética.
- Describir **bien** la estructura del átomo y las propiedades de los núcleos y los tipos de desintegración
- Escribir **correctamente** los números atómicos, las masas y el tipo de partícula que emiten diferentes isótopos de uso común en Bioquímica experimental y clínica.
- Describir **bien** los principales efectos de la radiación a nivel celular y de organismo, las magnitudes de su medición y medidas de protección radiológica.
- Entender las bases de la teoría de la probabilidad y los modelos probabilísticos.
- Comprender los aspectos correspondientes a las variables aleatorias discretas: distribución de Bernoulli, binomial, de Poisson e hipergeométrica.
- Tener conocimiento sobre variables aleatorias continuas y análisis multidimensional.
- Conocer aspectos sobre muestras aleatorias y distribución del muestreo estadístico.
- Entender sobre análisis de varianza, regresión lineal y no lineal, y correlación.
- Entender las bases de las ciencias de la computación e informática.

#### Competencias a adquirir con el bloque de Física y Matemáticas (saber hacer)

- Expresarse **correctamente** con términos físicos, matemáticos e informáticos básicos.
- Emplear con soltura y **correctamente** los sistemas de unidades internacionales y conocer sus equivalencias e interconversiones.
- Saber manejar **bien** instrumentos de espectroscopia visible y UV y potenciometría.
- Resolver problemas de aplicaciones físicas relacionadas con mecánica de sólidos y líquidos, termodinámica, electricidad y conocer **bien** su utilidad en cromatografía y electroforesis.
- Relacionar los conocimientos de física nuclear con los efectos de las radiaciones sobre los organismos vivos.
- Aplicar **bien** la cinética de primer orden a los procesos de desintegración radiactiva.
- Aplicar **bien** la medición de isótopos a supuestos prácticos de datación biológica y geológica.
- Calcular **bien** la actividad específica de un determinado compuesto radiactivo
- Generar caudales constantes con un frasco de Mariotte y gradientes lineales o logarítmicos con vasos comunicantes.
- Emplear y saber interconvertir **correctamente** las diferentes formas de denotación numéricas, así como el empleo de potencias negativas, decimales y logaritmos.
- Dominar **bien** los cálculos numéricos y el análisis de errores.
- Emplear **correctamente** y con soltura la calculadora científica portátil y otras herramientas de cálculo.
- Formular y resolver **correctamente** ecuaciones algebraicas y sistemas de ecuaciones lineales.

- Emplear **correctamente** programas de cálculo, análisis y representación de datos: Hojas de cálculo (*Excel*) o similares.
- Calcular **correctamente** los parámetros relevantes de un proceso o experimento mediante representación manual de datos experimentales y funciones matemáticas sobre papel milimetrado, semilogarítmico y doble logarítmicos. Saber emplear herramientas informáticas para este mismo propósito.
- Saber ajustar **correctamente** los datos de mediciones experimentales por regresión lineal y no lineal con herramientas informáticas. Representar datos y realizar representaciones derivadas de los mismos.
- Emplear programas sencillos de modelado y simulación con ecuaciones diferenciales a supuestos prácticos o mediciones experimentales: *Stella* y similares.
- Emplear con soltura y **bien** algún paquete de software para estadística en sus aplicaciones bioestadísticas fundamentales.
- Resolver límites, derivadas e integrales sencillas en supuestos prácticos experimentales.
- Saber manejarse **bien** en el entorno de diferentes sistemas operativos para las operaciones básicas (Windows, MacOS y Linus)
- Saber realizar con soltura y **bien** las operaciones básicas con un ordenador: elementos básicos de la pantalla de inicio, manejo de ventanas, documentos y carpetas, directorios, formateado de discos, copiado de documentos. Conexión de periféricos. Destreza en el uso del ratón. Herramientas básicas de mantenimiento del disco duro y mantenimiento del ordenador en buen funcionamiento. Copias de seguridad (*Back-ups*).
- Utilizar con soltura y **bien** las herramientas básicas de Internet. Buscadores y organización de búsquedas. Correo electrónico.
- Saber utilizar con soltura y **bien** un procesador de texto, un editor de imágenes y un programa de presentación de charlas y resultados. Saber manejar los diferentes formatos de los documentos y su transformación en documentos de reconocimiento por software libre o universal (rtf, tiff, pdf, etc).
- Saber realizar **bien** búsquedas en las principales bases de datos bibliográficos (Medline y similares).
- Saber interpretar **correctamente** los resultados que se generan de las bases de datos biológicos tras una búsqueda de alineamiento de proteínas y ácidos nucleicos (Blast, Fasta o similares)
- Desarrollar programas sencillos de aplicación en (Visual) BASIC, (Visual) C, Perl o similares

#### **4. Bloque de Métodos Instrumentales cuantitativos y Biología Molecular de Sistemas.**

Este bloque comprende las diferentes Metodologías instrumentales cuantitativas utilizadas en Bioquímica y Biología Molecular para la purificación, caracterización y cuantificación de biomoléculas (metabolitos intermediarios, glúcidos, lípidos, proteínas,

ácidos nucleicos, etc) que es imprescindible para todos los estudios de grado de Bioquímica y Biotecnología. La Biología Molecular de Sistemas es una nueva disciplina y en desarrollo exponencial tras el desciframiento de la secuencia de genomas completos de diversos organismos (incluyendo el genoma humano). Los análisis “ómicos” están bien consolidados y han cambiado el paradigma de la investigación biológica a nivel molecular. Del estudio tradicional de uno o pocos genes y/o sus productos, se ha pasado a poder estudiar los cambios cuantitativos de todos, o casi todos, los genes de un organismo en cuanto a su expresión a nivel de RNA (Transcriptoma), de proteínas (Proteoma), de las interacciones de proteínas (Interactoma), de las modificaciones post-traduccionales (Enzimoma) e incluso de la mayor parte de los metabolitos celulares (Metaboloma). Esta aproximación aborda también el estudio integrado de órganos y sistemas (Fisioma). La introducción conceptual a esta nueva metodología experimental tiene una importante carga bioinformática asociada al manejo de datos masivos y es una revolución reconocida en todos los ámbitos. Consideramos que es esencial su aprendizaje introductorio, y ya viene reconocida por el curriculum mínimo propuesto por la *Biochemical Society*, con denominación algo obsoleta “*Genome projects and genomic resources, Concepts of the proteome, transcriptome and metabolome*” dentro de Bioinformática (cuando no es solamente Bioinformática). A este bloque se le ha dado un mínimo de 10 ECTS, aunque podría variar notablemente con la evolución de los conocimientos dentro de este bloque.

#### **Contenidos:**

- 4.1. Metodología analítica. Criterios de validación de un método analítico. Exactitud, precisión, sensibilidad, límite detección, especificidad, selectividad, rudeza, robusteza y adecuación del método.
- 4.2. Análisis y cuantificación de carbohidratos, lípidos, aminoácidos, proteínas, nucleótidos, DNA y RNA.
- 4.3. Métodos de centrifugación (diferencial, gradiente y equilibrio) en aplicación a obtención de organelas subcelulares y caracterización de macromoléculas.
- 4.4. Métodos cromatográficos. Cromatografía de reparto. Cromatografía de Intercambio-iónico, filtración en gel, cromatografía de afinidad. Cromatografía líquida de alta resolución de proteínas y péptidos.
- 4.5. Cromatografía de gases. Equipamiento y principios fundamentales. Derivatización. Principales tipos de detectores. Índices de retención de Kovats. Aplicaciones
- 4.6. Métodos electroforéticos. Soportes, condiciones nativas y desnaturalizantes para separación de proteínas. y ácidos nucleicos. Isoelectroenfoque. SDS-PAGE y 2-D.

- 4.7. Purificación de proteínas. Extracción. Precipitación. Diálisis. Métodos de seguimiento de la purificación de proteínas. Criterios de pureza y rendimiento. Determinación de la masa molecular nativa de proteínas. Purificación de ácidos nucleicos: metodología, criterios de pureza y rendimiento.
- 4.8. Fluorescencia. Naturaleza de los procesos de emisión (fluorescencia, fosforescencia). Espectroscopía de fluorescencia. Grupos fluorescentes en biopolímeros. Efectos del solvente. Medida de constantes de unión e interacción. Análisis por citometría de flujo. Bases instrumentales de un citómetro de flujo. Principales aplicaciones.
- 4.9. Quimioluminiscencia. Naturaleza de los procesos de emisión de luz. Detección y cuantificación de la luz emitida. Placas de rayos X. Cámaras. Luminómetros. Intervalos dinámicos y cuantificación.
- 4.10. Métodos radioquímicos. Aplicaciones de isótopos al estudio de diferentes procesos biológicos: unión proteína–ligando, metabolismo intermediario, replicación del DNA, transcripción, traducción, degradación de RNAs y proteínas, etc . Actividad específica y vidas medias. Cuantificación de radiación beta y gamma.
- 4.11. Análisis de composición de aminoácidos de proteínas. Métodos de secuenciación de péptidos y proteínas.
- 4.12. Métodos de secuenciación de ácidos nucleicos. Bases moleculares de la secuenciación de DNA. Técnicas en geles y electroforesis capilar.
- 4.13. Técnicas inmunológicas cualitativas y cuantitativas. Producción de anticuerpos policlonales y monoclonales. Inmunoprecipitación, *Western e immunoblot*. ELISA. Métodos de revelado. Radioinmunoensayo.
- 4.14. Genómica. Introducción a las técnicas de estudio de estructura y análisis de los genomas. Bases de datos de secuencias genómicas. Uso de programas de identificación de regiones génicas de interés: identificación de genes, exones-intrones, promotores, etc. Comparación de secuencias génicas. Filogenia y evolución molecular. Bases de datos de secuencias expresadas. Bases de datos de SNPs.
- 4.15. Transcriptómica. Introducción a las técnicas de estudio de la expresión génica global en procariontes y eucariontes (DNA chips, QPCR, SAGE). Análisis de transcriptomas: metodología, validación y métodos de procesamiento de resultados. Mapeo de regiones génicas de relevancia para el control de la expresión génica: CHIP. Transcriptomas diferenciales. Manejo elemental de bases de datos de Transcriptoma
- 4.16. Proteómica. Introducción a las técnicas de estudio del proteoma. geles 2D, cromatografía y espectrometría de masas. Identificación de proteínas, comparación con bases de datos de proteomas. Proteómica diferencial, metodologías. Proteómica de fracciones subcelulares.
- 4.17. Enzimómica. Introducción a las técnicas de alto rendimiento para el estudio de modificaciones post-traduccionales de proteínas. Fosforilación y glicosilación.
- 4.18. Interactómica. Introducción a las técnicas de alto rendimiento para el estudio de la interacción de proteínas. Técnicas de *display* de fagos. Técnica de 1 y 2 híbridos. Métodos inmunológicos para el estudio de interacción de proteínas. Marcado selectivo de proteínas y aislamiento de complejos. Identificación de los componentes de un complejo. Fluorescencia. Estudio de interacciones por transferencia de energía entre fluorocromos. Manejo de bases de datos de interactoma proteína-proteína. Introducción a los métodos de estudio de alto rendimiento de interacción de proteínas y ácidos nucleicos (CHIP, CHIP on chip).

- 4.19. Localisoma. Introducción a las técnicas de alto rendimiento para el examen de la localización subcelular de proteínas y de sus interacciones (FRET y variantes).
- 4.20. Metabolómica. Introducción a las técnicas de alto rendimiento para el análisis del metaboloma.

Conocimientos a adquirir con el bloque Métodos Instrumentales y Biología Molecular de Sistemas (saber):

- **Demostrar buen conocimiento de los criterios de validación de un test analítico cuantitativo.**
- Demostrar **buen** conocimiento de los criterios de pureza de proteínas y ácidos nucleicos.
- **Demostrar buenos conocimientos de los criterios de validación del estudio cuantitativo y semi-cuantitativo de proteínas por inmunoprecipitación, *immunoblot*, ELISA y radioinmunoensayo**
- **Demostrar buenos conocimientos de los criterios básicos para la validación cuantitativa de análisis “ómicos”: transcriptoma, proteoma e interactoma.**
- Conocer **bien** los diferentes tipos y aplicaciones de la centrifugación.
- Tener un **buen** conocimiento de las bases de separación cromatográfica en sus diferentes modalidades y aplicaciones (cromatografía convencional, alta resolución con fase móvil líquida y gaseosa).
- Tener un **buen** conocimiento de las bases de la separación electroforética de proteínas y ácidos nucleicos.
- Tener un **buen** conocimiento de los métodos de inmunización y caracterización de anticuerpos policlonales y monoclonales.
- Demostrar **buen** conocimiento de las bases y principales aplicaciones cuantitativas de la fluorescencia y luminiscencia.
- Demostrar **buen** conocimiento de las bases y principales aplicaciones de la citometría de flujo.
- Demostrar **buen** conocimiento de las bases y principales aplicaciones cuantitativas de los métodos radioquímicos.
- Conocer **bien** las bases de la secuenciación de DNA y proteínas.
- Demostrar un conocimiento claro y **bueno** de la terminología de uso habitual en Biología Molecular de Sistemas.
- Demostrar un conocimiento claro y **bueno** de las bases de las técnicas de alto rendimiento en los análisis ómicos.
- **Demostrar buen conocimiento de las técnicas más adecuadas a utilizar para el estudio cuantitativo de un supuesto proceso biológico sencillo en el que se produzcan cambios en los niveles de RNAs, proteínas, carbohidratos, lípidos y en el estudio de la replicación del DNA.**

Competencias a adquirir con el bloque Métodos Instrumentales y Biología Molecular de Sistemas (saber hacer)

- Saber determinar experimentalmente la concentración de carbohidratos (ej: glucosa, glucógeno), aminoácidos y proteínas totales, lípidos (ej: ácidos grasos, colesterol) y ácidos nucleicos totales de una muestra biológica.
- Saber diseñar y ejecutar experimentalmente una separación de aminoácidos en papel, de fosfolípidos y nucleótidos en capa fina, así como su detección demostrando comprensión de las bases químicas de la separación, detección y cuantificación.
- Saber calcular **bien** la aceleración en “g” para cualquier tipo de rotor de centrifuga a diferentes velocidades de centrifugación y manejar los diferentes tipos de rotores y sus aplicaciones.
- **Saber diseñar y ejecutar bien experimentalmente los diferentes pasos de un protocolo de purificación de una proteína con actividad enzimática (siguiendo su actividad) o sin actividad enzimática (por immunoblot o ELISA) determinando el rendimiento de cada paso y la pureza final de la preparación.**
- **Saber diseñar y ejecutar bien los diferentes pasos de un protocolo de purificación de DNA y de RNA de una muestra biológica determinando el rendimiento y la pureza final.**
- Saber interpretar **bien** los resultados de experimentos de análisis por citometría de flujo de células con 1 o 2 fluorescencias mediante software adecuado.
- Saber deducir **bien** la composición de aminoácidos de una proteína en base a resultados experimentales de estudios de composición de aminoácidos sobre trabajos publicados.
- Saber deducir la secuencia de un péptido en base a los productos de digestión de diferentes proteasas.
- Saber deducir la secuencia de una proteína en base a los diferentes cromatogramas procedentes de un secuenciador automático por degradación de Edman.
- Saber analizar con el software adecuado (Chroma o similares) los datos procedentes de un secuenciador automático de DNA obtención de los cromatogramas y refinado de la secuencia.
- Saber realizar un alineamiento múltiple de secuencias de DNA y proteínas y establecer con el software adecuado (CLUSTAW o similar) un análisis filogenético (o de cladograma) sencillo y su interpretación.
- Buscar, obtener e interpretar los resultados de una interpelación básica a bases de datos de EST y realizar un clonaje “in silico” del cDNA completo de un gen a partir de los diferentes EST, apreciando los posibles errores de secuenciación y la inserción de secuencias de vectores.
- Buscar, obtener e interpretar los resultados de una interpelación básica a bases de datos de SNP.
- Buscar, obtener e interpretar los resultados de una interpelación básica a las bases de datos más usuales de transcriptoma, proteoma e interactoma. GEO db, ONCOMINE (o similares), 2D-Expasy y Mascot (o similares), BIND (o similares).
- Analizar e interpretar resultados de 2- híbridos, CHIP, CHIP on chip sobre trabajos publicados.
- Buscar, obtener e interpretar los resultados de una interpelación básica a las bases de datos de modificación de proteínas y de predicción de modificaciones post-

traduccionales (Netphos, Prosite o similares) y localización subcelular (Psort o similares).

- Saber interpretar imágenes experimentales de localización celular y subcelular y las bases de análisis por FRET y variantes en el estudio de las interacciones proteicas sobre trabajos publicados.

## **5. Bloque de Bioquímica y Biología Molecular.**

El bloque de Bioquímica y Biología Molecular es el bloque central y al que se le da más peso en la obligatoriedad troncal (26 ECTS) para ambos títulos de grado. Las materias incluidas en este bloque son: Macromoléculas: estructura, función e interacción (incluyendo métodos físicos de la determinación de estructura y modelización molecular); Enzimología; Estructura y función de biomembranas: Transporte y Bioenergética; Vías metabólicas: regulación y control; Biosíntesis de Macromoléculas: regulación y control; Señalización celular y control del funcionamiento y destino celular; Genética Molecular y Tecnología del DNA recombinante. Todos estos contenidos están contemplados en la propuesta de mínimos recogidos tanto por la Biochemical Society como por la ASBMB.

### **Contenidos:**

- 5.1. Estructura de ácidos nucleicos. Estructura de DNA, primaria y secundaria. Enrollamientos y superenrollamientos. Estructura de RNAs. Relación estructura función de tRNAs. Predicción de estructura de RNAs. Relación estructura función en los RNA catalíticos (ribozimas: M1, intrones, “hammer-head”).
- 5.2. Estructura de las proteínas. Estructura primaria relación con estructura génica. Estructura secundaria, terciaria y cuaternaria. Factores que afectan a la conformación. Motivos, dominios y superdominios, estructura y conservación. Comparación de estructura primaria de proteínas. Predicción de estructura secundaria y terciaria.
- 5.3. Interacciones proteína-ácidos nucleicos. Estructura de la cromatina. Dominios de proteínas que interactúan con DNA (familias de factores de transcripción). Dominios de proteínas de unión a RNA (RNPs, U1 RNPs, aminoacil-tRNA sintetisas).
- 5.4. Interacciones proteína-ligando. Caracterización termodinámica y cinética de la unión de ligandos a macromoléculas. Enzimas. Catálisis. Relación estructura-función y mecanismos de catálisis. Sitios de unión de sustratos y cinética enzimática. Inhibición y activación enzimática. Enzimas cooperativos y no cooperativos. Alosteroismo. Mecanismos de regulación de la actividad enzimática.
- 5.5. Estructuras supramoleculares. Relación estructura función de complejos supramoleculares. Biomembranas, lipoproteínas, maquinarias de replicación,

- reparación y recombinación del DNA, maquinaria de transcripción, *spliceosoma*, ribosomas, citoesqueleto y motores del citoesqueleto (flagelos).
- 5.6. Métodos de estudio de la estructura de proteínas y ácidos nucleicos. Microscopia electrónica convencional con tinción negativa. Introducción a las técnicas espectroscópicas: UV, IR, CD, MS y NMR, y Rayos X aplicadas a la elucidación de estructuras de macromoléculas. Introducción a la obtención de cristales y cristalografía y estudio de difracción por Rayos X y radiación coherente sincrotrónica. Microscopía de campo de cercano (STM y AFM).
  - 5.7. Propiedades físico-químicas de las membranas. Difusión y transporte. Transportadores, bombas y canales. Selectividad del transporte. Cotransportadores. Transportadores de agua.
  - 5.8. Bioenergética. Transporte de electrones. Transducción energética: fosforilación oxidativa y fotofosforilación. Gradiente de protones y síntesis de ATP.
  - 5.9. Electrofisiología. Propiedades eléctricas pasivas y activas de la membrana celular. Potencial de membrana. Flujos iónicos. Células excitables y no excitables. Mecanismos moleculares de la generación del potencial de acción. Configuraciones y registros eléctricos. Acoplamiento eléctrico mecánico.
  - 5.10. Metabolismo. Catabolismo y anabolismo de glúcidos, lípidos, aminoácidos y bases.
  - 5.11. Regulación del metabolismo intermediario. Control (flujos metabólicos y los diferentes niveles de regulación) e integración de las vías metabólicas. Adaptación metabólica a diferentes situaciones ejercicio, ayuno, etc.
  - 5.12. Biosíntesis y degradación de macromoléculas en procariotas y eucariotas. Replicación y reparación del DNA (BER, NER, MMR, recombinación). Transcripción y procesamiento de RNAs. Transporte de RNAs. Degradación de RNAs. Traducción. Plegamiento asistido de proteínas. Modificaciones post-traduccionales de proteínas. Degradación de proteínas.
  - 5.13. Regulación de la biosíntesis y degradación de macromoléculas en procariotas y eucariotas. Regulación de la transcripción, procesamiento, transporte y degradación de RNAs. Regulación de la síntesis y degradación de proteínas.
  - 5.14. Mecanismos moleculares del direccionado de proteínas a diferentes estructuras y compartimentos celulares. Translocación y salida nuclear, direccionado a mitocondria y cloroplastos, direccionado a vía secretora: Retículo, Golgi, lisosomas, peroxisomas, membrana plasmática. Secreción de proteínas. Mecanismos de internalización de componentes extracelulares (inespecíficos y específicos de ligando). Reciclamiento de proteínas de membrana.
  - 5.15. Regulación de la función celular por señales extracelulares difusibles (endocrino, paracrino y autocrino). Mecanismos de acción y transducción de señales de: hormonas, neurotransmisores, factores de crecimiento positivos y negativos.
  - 5.16. Regulación de la función celular por interacciones célula-célula y célula matriz extracelular. Estructura-función de las diferentes uniones celulares y mecanismos de señalización celular. Componentes de la matriz extracelular: estructura, función, señalización intracelular y remodelación
  - 5.17. Motilidad celular. Citoesqueleto: microtúbulos, microfilamentos y filamentos intermedios; organización del citoesqueleto, citoesqueleto y motilidad. Proteínas motoras de microtúbulos. Microfilamentos y sistemas de miosina (músculo esquelético).



- 5.18. Introducción a los mecanismos moleculares básicos del control del destino celular: crecimiento y división celular, diferenciación, senescencia y apoptosis.
- 5.19. Estructura del genoma. Organización y tipos de secuencias de los genomas de procariotas y eucariotas. Estabilidad del genoma. Elementos móviles del genoma, generación de diversidad. Retrotransposición. Conversión génica. Amplificación. *Imprinting* y silenciamiento.
- 5.20. Ingeniería genética. Herramientas: huéspedes, vectores de clonación, enzimas de restricción, polimerasas, fosfatasas, ligasas, etc. Métodos de transferencia y selección de clones. Construcción y rastreo de genotecas genómicas y de cDNA. Hibridación de ácidos nucleicos. Mapeo físico de genes por digestión con enzimas de restricción, *Southern*. Mapeo de sitios de inicio de transcripción. Mapeo y cuantificación de transcritos (pre-mRNAs y RNA maduros): *Northern*, RNAsas.
- 5.21. Amplificación de DNA. PCR: cebadores, polimerasas y moldes. Bases moleculares de la amplificación. RT-PCR, principales aplicaciones. QPCR, principales aplicaciones.
- 5.22. Expresión de proteínas recombinantes. Diseño de construcciones y huéspedes (procariotas y eucariotas). Mutagénesis dirigida. Métodos de purificación de proteínas recombinantes y principales aplicaciones.
- 5.23. Transgénesis. Vectores, construcciones y metodología de transferencia de construcciones génicas para transgénesis en animales y plantas. Integración y estabilidad de la expresión del transgen.
- 5.24. Interrupción génica. Abordajes y especificidad. Diseño, mecanismos de interrupción y principales aplicaciones de: oligo nucleótidos anti-sentido, ribozimas, siRNAs y shRNA. Recombinación génica inespecífica (transposones) y específica para la interrupción y generación de bacterias, levaduras, animales y plantas *Knock-Out* (K.O.). K.O. condicionales e inducibles.
- 5.25. Clonaje y obtención de células madre. Técnicas de clonación a partir de núcleos de células somáticas. Reprogramación de cromatina somática en oocitos. Crecimiento y reprogramación de células madre en diferentes linajes. Abordajes experimentales para el crecimiento y mantenimiento de células totipotentes, pluripotentes y diferenciadas. Aplicaciones y limitaciones.

Conocimientos a adquirir con el bloque Bioquímica y Biología Molecular (saber):

- ***Ser capaz de dar una charla breve a un auditorio no especializado acerca de un tema de Bioquímica y Biología Molecular con posible impacto actual en la sociedad.***
- ***Reconocer los problemas ecológicos-ambientales en el desarrollo y aplicación de las ciencias moleculares de la vida.***
- Saber expresarse **correctamente** con los términos adecuados sobre los diferentes procesos celulares a nivel molecular.
- Conocer **bien** las características estructurales y funcionales de macromoléculas (fundamentalmente proteínas y ácidos nucleicos).
- Saber calcular los parámetros cinéticos y termodinámicos que definen la unión de ligandos a macromoléculas.

- Conocer **bien** los mecanismos y la cinética de las reacciones enzimáticas y sus mecanismos de regulación.
- Conocer las bases de los abordajes experimentales utilizados para el estudio de la estructura de macromoléculas.
- Conocer **bien** las bases estructurales de las interacciones entre proteínas y ácidos nucleicos.
- **Conocer bien las bases estructurales y termodinámicas de la bioenergética celular y del transporte a través de membranas.**
- Conocer **bien** los mecanismos moleculares responsables de la excitabilidad eléctrica celular y de la generación del potencial de acción.
- Conocer las bases de los abordajes experimentales utilizados en el estudio de las membranas, transporte y propiedades eléctricas.
- Poder describir **bien** las diferentes vías del metabolismo intermediario y los mecanismos de control e integración de las diferentes vías metabólicas.
- Conocer **bien** las bases de los abordajes experimentales utilizados en el estudio de las diferentes vías metabólicas, su funcionamiento global y los mecanismos de control del flujo metabólico.
- Poder describir **bien** los mecanismos moleculares responsables de la replicación y reparación del DNA y su regulación en procariotas y eucariotas.
- Poder describir **bien** los mecanismos moleculares responsables de la transcripción y procesamiento de RNAs y su regulación en procariotas y eucariotas.
- Poder describir los mecanismos moleculares responsables de la traducción de mRNAs y su regulación en procariotas y eucariotas.
- **Describir bien las bases bioquímicas y moleculares del plegamiento, tráfico intracelular, modificación post-traducciona l y recambio de proteínas.**
- Conocer las bases de los abordajes experimentales utilizados para el estudio del plegamiento, tráfico, modificación post-traducciona l y recambio de proteínas.
- **Tener una buena visión integrada del funcionamiento celular tanto del metabolismo como de la expresión génica, pudiendo relacionar la actividad de los diferentes compartimentos celulares.**
- Comprender los mecanismos moleculares responsables de transducción de señales extracelulares.
- **Adquirir una buena visión integrada del control de la expresión génica y del metabolismo a diferentes niveles por acción de hormonas, neurotransmisores y factores de crecimiento positivos y negativos.**
- Comprender las bases moleculares de las diferentes fases del ciclo celular y de otros destinos celulares: diferenciación, senescencia y apoptosis.
- Adquirir una visión integrada de los sistemas de comunicación intercelular y de señalización por la matriz extracelular.
- Comprender las bases moleculares de los diferentes citoesqueletos celulares y de la motilidad celular.
- Conocer las bases de los abordajes experimentales utilizados para el estudio de la transducción de señales extracelulares y de comunicación intercelular.
- Conocer las diferentes organizaciones del genoma en procariotas y eucariotas y los principales procesos responsables de la modificación del genoma.

- Conocer **bien** las herramientas y metodologías para el clonaje y caracterización de ácidos nucleicos.
- Conocer **bien** las herramientas y metodologías para la obtención de transgenes en animales y plantas.
- **Describir bien las bases moleculares de la interrupción de la función génica por K.O., K.O. condicionales, por oligonucleótidos anti-sentido y por siRNAs y shRNAs en animales y plantas.**
- Conocer las bases moleculares y aplicaciones de los diferentes métodos de interrupción específica de la función génica.
- Conocer las bases y principales aplicaciones de los diferentes métodos de clonaje a partir de células somáticas y de la utilización de células madre.

Competencias a adquirir con el bloque de Bioquímica y Biología Molecular (saber hacer)

- *Trabajar de forma adecuada en un laboratorio químico-bioquímico incluyendo seguridad, manipulación y eliminación de residuos químicos y registro anotado de actividades.*
- *Trabajar de forma adecuada en un laboratorio con material biológico (bacterias, hongos, virus, células animales y vegetales, plantas, animales) incluyendo seguridad, manipulación y eliminación de residuos biológicos y registro anotado de actividades*
- **Procesar bien células y tejidos para obtener preparaciones de orgánulos subcelulares purificados, caracterizándolos bioquímica y estructuralmente.**
- Analizar **correctamente** sobre datos publicados u obtenidos experimentalmente constantes de afinidad y sitios de unión de un ligando a una macromolécula.
- Determinar **bien** experimentalmente las constantes cinéticas de un enzima y el efecto de activadores e inhibidores sobre la cinética enzimática.
- Interpretar los resultados que se obtienen de estudios estructurales básicos de proteínas y ácidos nucleicos.
- Obtener de las bases de datos estructurales (PDB, etc) estructuras de proteínas y ácidos nucleicos y manejar software adecuado (Rasmol, Cn3D, Chimie) para la visualización y comprensión de las relaciones estructura función de macromoléculas.
- Identificar motivos y dominios conservados de proteínas. Uso de PFAM, Blocks (o similares).
- Buscar, obtener e interpretar **bien** los resultados de una interpelación básica a bases de datos de enzimas (Brenda, Expasy).
- Analizar experimentalmente, o sobre datos publicados, de forma **correcta** el consumo de oxígeno y la producción acoplada de ATP de preparaciones mitocondriales y explicar los efectos de los diferentes inhibidores de la cadena respiratoria y del transporte de protones.
- Analizar experimentalmente, o sobre datos publicados, los parámetros eléctricos celulares y los flujos iónicos y del transporte en general a través de membranas.
- **Determinar experimentalmente, o sobre datos publicados, las concentraciones de metabolitos, los parámetros cinéticos, termodinámicos y coeficientes de control de las reacciones del metabolismo intermediario de forma correcta.**

- Buscar, obtener e interpretar los resultados de una interpelación básica a bases de datos de vías metabólicas (KEGG, EMP).
- Utilizar software de modelación de flujos iónicos y de flujos metabólicos celulares.
- Interpretar sobre datos publicados los resultados de experimentos de análisis de orígenes de replicación del DNA sencillos (plásmidos, SV40) y de la replicación del DNA en su conjunto.
- Analizar experimentalmente, o sobre datos publicados, las características estructurales y funcionales de un promotor transcripcional sencillo (experimentos de *Footprinting*, EMSA, genes reporteros, CHIP) de forma **correcta**.
- Analizar experimentalmente, o sobre datos publicados, el proceso de *splicing* de los premRNAs y la degradación de mRNAs (Northern, RT PCR, QPCR) de forma **correcta**.
- Analizar experimentalmente, o sobre datos publicados, el seguimiento de la síntesis de una proteína específica a partir de mRNAs celulares totales o transcritos *in vitro*.
- Analizar experimentalmente de forma **correcta**, o sobre datos publicados, el procesamiento de proteínas y su localización en diferentes compartimentos subcelulares (núcleo, mitocondria, lisosomas, membrana plasmática).
- Analizar experimentalmente de forma **correcta**, o sobre datos publicados, el proceso de internalización y reciclamiento de proteínas de membrana plasmática.
- Estudiar experimentalmente, o sobre datos publicados, el proceso de señalización a nivel celular de una hormona y un factor de crecimiento de forma **correcta**.
- Realizar experimentalmente, o utilizar datos publicados, para un estudio de las diferentes fases del ciclo celular y su cuantificación de forma **correcta**.
- Realizar un mapa físico de una región cromosómica en base a análisis con enzimas de restricción e hibridación de la sonda a mapear. Determinar la variación en el mapa físico como consecuencia de translocaciones, transposiciones, inserciones, mutaciones o deleciones (Southern, PCR) de forma **correcta**.
- **Diseñar y ejecutar bien experimentalmente el clonaje de un cDNA partiendo de mRNA total en vectores bacterianos (o de subclonaje a partir de otros vectores) y/o de células eucariotas para expresar proteína recombinante y realizar mutagénesis dirigida de la proteína.**
- Purificar proteínas recombinantes por cromatografía de afinidad (Glutation, Metales) y caracterización de las mismas
- **Realizar con soltura y bien cultivos de líneas celulares establecidas y utilizarlos para estudios de función celular.**
- Diseñar, analizar e interpretar los resultados (con datos publicados u obtenidos experimentalmente) de experimentos dirigidos a la interrupción de una función génica en sus variantes más habituales.
- Diseñar e interpretar los resultados (a partir de datos publicados) de estudios de caracterización de poblaciones de células madre y del proceso de diferenciación de las mismas en diferentes linajes.

## **6. Bloque de integración fisiológica y aplicaciones de la Bioquímica y Biología Molecular.**

Este bloque de 30 ECTS es el que se considera específico para el grado de Bioquímica. Se consideran los contenidos y competencias de Fisiología Molecular de animales y plantas, y se dan también los contenidos y competencias para: Inmunología, Microbiología, Virología y Parasitología, Bioquímica clínica y Patología Molecular. Este bloque está muy orientado a proporcionar al estudiante formación esencial para las salidas profesionales biomédicas reconocidas en la actualidad para bioquímicos. Otros contenidos que podrían incluirse y que podrían ser optativos u obligatorios de Universidad serían: Bioquímica Industrial, Tecnología Enzimática, Biología del Desarrollo, Neurobiología Molecular, Farmacología Molecular, Glicobiología, etc.

### **6.1) Fisiología molecular de animales y plantas.**

#### **Contenidos:**

- 6.1.1. Fisiología general y celular. Concepto y contenido de la fisiología. Homeostasis. Robustez de los mecanismos fisiológicos de control del medio interno intracelular y extracelular.
- 6.1.2. Fisiología molecular de los tejidos epiteliales. Organización de la membrana plasmática epitelial. Definición y papel de la polaridad en la función epitelial. Uniones intercelulares, relación entre uniones celulares y permeabilidad paracelular. Selectividad de la vía paracelular. Transporte vectorial, fuerzas que promueven el transporte a través de la membrana basolateral y apical de los epitelios. Medición del transporte transepitelial. Papeles fisiológicos de los flujos reabsortivos: papel de la bomba de  $\text{Na}^+$ . Salida de iones por basolateral, flujo de agua, vía paracelular. Transporte reabsortivo en riñón. Transporte reabsortivo en intestino delgado.
- 6.1.3. Secreción. Flujos secretorios en las criptas intestinales, en la vía respiratoria, secreción de  $\text{K}^+$  y protones en el tubo colector, secreción gástrica y secreción de protones.
- 6.1.4. Regulación del transporte de iones en epitelios. Receptores y segundos mensajeros, interconversión, regulación: del tráfico intracelular, síntesis, proteínas asociadas y reguladoras de andamiaje.
- 6.1.5. Fisiología molecular del stress oxidativo. Diferentes formas del oxígeno y su reactividad. Producción de ROS y actividad metabólica. Modificaciones oxidativas, nitraciones y nitrosilaciones de proteínas, lípidos y ácidos nucleicos. Mecanismos

- de protección contra el stress oxidativo. Transducción de señales del estrés oxidativo y respuesta génica.
- 6.1.6. Fisiología molecular de la regulación de la concentración de calcio intracelular. Papel del calcio en la contracción muscular. Medición de calcio intracelular con indicadores fluorescentes. Efectos del calcio sobre la liberación de calcio por retículo sarcoplásmico. Liberación de calcio dependiente de voltaje. DHPR y su función como sensor de voltaje. Canales de calcio tipo L. DHPRs cardíacos, Receptor de rianodina (RyR) en músculo esquelético y cardíaco. Promoción de las tetradas de DHPRs. Canales de calcio activados por IP<sub>3</sub>.
  - 6.1.7. Fisiología muscular. Organización, excitación y contracción. Mecánica. Propiedades de las fibras musculares esqueléticas, lisas y cardíacas. Mecanismos moleculares operativos en la unión neuromuscular. Mecanismos moleculares de la contracción y relajación muscular esquelética. Actividad eléctrica de la célula cardíaca: componentes moleculares del potencial de acción miocárdico y mecanismos moleculares de la contracción de la fibra miocárdica.
  - 6.1.8. Fisiología neuronal. Estructura y función de las uniones sinápticas. Síntesis y secreción de neurotransmisores. Mecanismos moleculares de acción de los neurotransmisores más relevantes. Transmisión a distancia del potencial de acción; bases celulares y moleculares de la conducción nerviosa. Bases moleculares de la LTP y LTD. Plasticidad sináptica.
  - 6.1.9. Función respiratoria. Mecánica funcional de la respiración. La circulación pulmonar. Intercambio pulmonar de gases. Transporte y difusión de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Ventilación-perfusión y equilibrio ácido base. Control de la respiración. Fisiología de la respiración en ambientes especiales.
  - 6.1.10. Función renal. Organización anatómo-funcional del sistema urinario. Hemodinámica renal y filtración glomerular. Aclaramiento renal. Función tubular, reabsorción y secreción. Control renal de iones, balance de agua y del equilibrio ácido-base. Regulación del volumen y la osmolalidad de los líquidos corporales. Mecanismos de concentración y dilución de la orina. Regulación humoral de la función renal. Función endocrina renal.
  - 6.1.11. Fisiología del sistema cardiovascular. Electrofisiología cardíaca. Electrocardiograma normal. Bombeo, actividad eléctrica y ciclo cardíaco. Eyección cardíaca y flujo sanguíneo. Circulación coronaria. Hemodinámica. Micro-circulación y linfáticos. Retorno venoso, presión arterial. Control del flujo sanguíneo periférico. Regulación de la presión arterial. Circulaciones regionales. Integración de la función cardio-respiratoria.
  - 6.1.12. Fisiología de la sangre. Propiedades y funciones de la sangre. Fisiología del eritrocito. Hematopoyesis. Fisiología de los granulocitos, linfocitos y plaquetas. Fisiología molecular de la hemostasia.
  - 6.1.13. Introducción a la fisiología del sistema nervioso. Los componentes del sistema nervioso. Sistema sensorial (sensibilidad somática y visceral). Sistema motor. Médula espinal. Tono muscular. Control de la postura y del equilibrio. Generación del movimiento. Cerebelo y ganglios de la base. Sistema nervioso autónomo. Fisiología de la vigilia y el sueño. Sistema límbico. Funciones cognitivas.
  - 6.1.14. Fisiología de los sentidos. Mecanismos celulares y moleculares de la vista, oído, olfato, gusto y tacto. Sistema vestibular.

- 6.1.15. Fisiología del aparato digestivo. Cavidad bucal. El esófago. El estómago. Páncreas exocrino. Fisiología de la bilis y de la vía biliar. Motilidad intestinal. Secreción y absorción intestinales. Intestino grueso. Fisiología hepática. Nutrición.
- 6.1.16. Introducción a la fisiología del sistema endocrino. Integración neuroendocrina. Neurohipófisis. Hormonas adenohipofisarias. Tiroides. Glándulas suprarrenales. El páncreas endocrino. Hormonas gastrointestinales. Síntesis de las principales hormonas, mecanismos de acción a nivel molecular y circuitos de regulación. Mecanismos moleculares responsables de la regulación hormonal integrada del metabolismo y del control de la expresión génica para el control de la glucemia.
- 6.1.17. Introducción a la fisiología de la determinación y diferenciación sexual. Pubertad. Fisiología del ovario. Fisiología del testículo. Fisiología de la fecundación, embarazo y parto. Fisiología de la mama.
- 6.1.18. Integración y adaptación del organismo. Control y regulación de la temperatura corporal. Fisiología del ejercicio. Ritmos biológicos. Integración neuroendocrina de la ingesta: hambre-saciedad. Estrés. Sed.
- 6.1.19. Introducción a la interrelación fisiología e ingeniería biomédica. Equipamiento eléctrico y computacional para el estudio de la fisiología (bioinstrumentación, biomecánica, ingeniería de células y tejidos, ingeniería clínica, imagen médica, ortopedia, rehabilitación y fisiología de sistemas). Desarrollo de aplicaciones biomédicas sustitutivas funcionales.
- 6.1.20. Introducción al Fisioma. Introducción a los modelos computacionales con formulaciones matemáticas que permiten describir la función global de organismos u órganos. Corazón, movimiento de piernas, metabolismo global, etc.
- 6.1.21. Fisiología molecular de plantas. La célula vegetal, relaciones estructura función. La pared celular vegetal. Composición química. Origen de la pared celular. Estructura de la pared celular primaria. Biosíntesis de los componentes de la pared celular. Pared celular secundaria. Funciones de la pared celular. Metabolismo primario y secundario especial de la célula vegetal. Terpenoides. Derivados de los ácidos cinámicos. Sustancias fenólicas. Alcaloides. Aminoácidos no proteicos. Aminas vegetales. Glucósidos cianogénicos. Glucosinolatos. Regulación y control del metabolismo secundario en los vegetales. Importancia fisiológica y ecológica de los productos del metabolismo de plantas.
- 6.1.22. Transporte intracelular de proteínas en plantas, biosíntesis de los complejos proteicos de la membrana del tilacoide. Aspectos moleculares de la división del cloroplasto. Regulación coordinada del metabolismo y la expresión génica; función dual de enzimas como catalizadores y sensores.
- 6.1.23. Nutrición mineral de las plantas. Componentes aniónicos y catiónicos. Nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, sodio, calcio y magnesio. Abundancia en el suelo. Formas disponibles para las plantas. Síntomas de deficiencias. Funciones fisiológicas. El potasio y su relación con la economía hídrica de la planta. El calcio y la calmodulina. Otros micronutrientes: boro, molibdeno, cloro, hierro, manganeso, cobre y zinc. Abundancia en el suelo. Formas disponibles para las plantas. Síntomas de deficiencias. Funciones fisiológicas.
- 6.1.24. Bioquímica y Biología Molecular de la fotosíntesis. Métodos de estudio en investigación de la fotosíntesis. Estructura y función de los centros de reacción y de los complejos de captación de la luz, fotodestrucción y fotoprotección. Enzimas de

- la fotosíntesis: estructura-función, regulación. Sinopsis de la diversidad de rutas de asimilación (C3, C4, CAM). Fotorespiración. Regulación de la fotosíntesis.
- 6.1.25. Reducción de Nitrato y sulfato. Metabolismo del nitrógeno: asimilación y fijación de nitrógeno. Fijación biológica del nitrógeno en leguminosas, mecanismos moleculares. Reducción asimiladora de nitratos. Otras formas de nutrición nitrogenada en plantas. Activación y reducción asimiladora de sulfatos. Formación de aminoácidos azufrados. Otros compuestos azufrados típicos de plantas.
- 6.1.26. Respiración y mitocondrias vegetales. Procesos anaeróbicos de oxidación: Glucólisis y fermentación. Mitocondrias vegetales. Formación del acetil-CoA y ciclo de Krebs. Cadena de transporte de electrones. Organización de los sistemas NADH-deshidrogenasas. Fosforilación oxidativa. Rendimiento energético. Respiración resistente al cianuro. Ciclo de las pentosas fosfato. Efecto de los factores externos: Temperatura y concepto de  $Q_{10}$ . Oxígeno y efecto Pasteur. Concentración de anhídrido carbónico. Iluminación. Efecto de los factores internos: Disponibilidad de sustrato. Grado de humedad. Heridas, enfermedades y ataque de parásitos.
- 6.1.27. El agua y su papel en las plantas. Transporte a distancia de productos asimilados. Potencial de agua y movimiento de agua. Difusión, ósmosis y transpiración. Relación planta-suelo-agua. Concepto de apoplasto y simplasto. Paso del agua a través de la raíz. Fuerza impulsora del agua a través de la raíz. Transporte del agua desde la raíz hasta las hojas. Mecanismos de ascenso de la solución del xilema. Respuestas de las plantas a los ambientes secos. Efectos sobre procesos fisiológicos y metabólicos. Transporte por el floema. El floema como sistema conductor de solutos. Estructura del floema. Sustancias transportadas por el floema. Características del transporte por el floema. Carga y descarga de los tubos cribosos. Mecanismos de transporte por el floema. Efecto de los factores ambientales sobre el transporte por el floema. Partición de asimilados en la planta.
- 6.1.28. Crecimiento de células de plantas y de órganos de plantas. Hormonas de plantas, síntesis y transporte. Procesos regulados por hormonas vegetales y mecanismos moleculares de actuación (auxinas, etileno, citoquininas, ácido abscísico, giberelinas, brasinoesteroides y poliaminas).
- 6.1.29. Crecimiento, desarrollo y diferenciación en plantas. Sistemas experimentales para el estudio de la diferenciación. Cultivos de tejidos y células vegetales. Totipotencia de la célula vegetal. Mecanismos de la diferenciación. Desdiferenciación. Tumores vegetales. Virus vegetales. Transformación vegetal.
- 6.1.30. Morfogénesis en plantas. Polaridad. Desarrollo de la raíz. Desarrollo del tallo. Desarrollo de la hoja. Desarrollo de la flor. Regulación hormonal de la morfogénesis. Correlaciones del crecimiento. Filotaxia. Dominancia apical.
- 6.1.31. Movimientos de plantas. Mecanismos moleculares implicados en los tropismos de plantas. Fototropismo y geotropismo. Nastias. Circumnutación. Movimientos intracelulares. Tactismos.
- 6.1.32. Fotomorfogénesis, fotoperiodismo y vernalización. Respuestas fotomorfogenéticas en plantas. Receptores. Fitocromo. Respuestas controladas por el fitocromo. Mecanismo de acción del fitocromo. Otros receptores fotomorfogenéticos. Fisiología de la floración. Control fotoperiódico de la floración, tipos de respuestas y mecanismos moleculares (genes homeóticos). Vernalización, tipos de respuestas y mecanismos moleculares.



- 6.1.33. Dormición, maduración y germinación de semillas. Formación de la semilla. Acumulación de reservas. Procesos metabólicos y control hormonal. Germinación de la semilla: procesos metabólicos, regulación, control hormonal y ambiental de la germinación. Dormición de semillas: tipos, control ambiental y hormonal. Dormición de yemas
- 6.1.34. Senescencia y abscisión. Mecanismos moleculares.
- 6.1.35. Estructura, organización de los genomas de plantas. Genoma de *Arabidopsis thaliana* y de arroz. Genomas de orgánulos: condrioma y plastoma. Estructura y expresión de los genes en plantas: Genómica funcional y proteómica.
- 6.1.36. Mecanismos de adaptación y regulación a estrés abiótico. Estrés abióticos y generación de radicales de oxígeno (ROS). Respuesta molecular al estrés oxidativo. Mecanismos moleculares en respuesta a los ROS
- 6.1.37. Mecanismos de defensa de las plantas. Procesos moleculares desencadenados en la interacción planta-patógeno. Espectro de mecanismos de resistencia. Genes de resistencia. Vías de señalización de los mecanismos de resistencia inducida. Papel de jasmonatos y salicilatos como fitohormonas de defensa.
- 6.1.38. Introducción a la utilidad biotecnológica de las plantas transgénicas y su implicación en la biodiversidad.

Conocimientos a adquirir con Fisiología Molecular de Animales y Plantas (saber)

- ***Demostrar capacidad de dar una charla breve a un auditorio no especializado acerca de un tema de Fisiología con posible impacto actual en la sociedad.***
- Demostrar una **buena** comprensión de los mecanismos celulares y moleculares responsables del transporte, secreción y reabsorción en diferentes tipos de epitelio y su regulación.
- Demostrar una **buena** comprensión de los mecanismos moleculares del control de los niveles de calcio intracelular en células musculares y no-musculares.
- Demostrar una **buena** comprensión de los mecanismos moleculares responsables de la actividad eléctrica y de la contracción del músculo esquelético y cardíaco.
- Demostrar una **buena** comprensión de los mecanismos moleculares responsables de la transmisión sináptica, LTP y LTD.
- Demostrar una **buena** comprensión de los mecanismos moleculares responsables de la generación del stress oxidativo, sus consecuencias en los diferentes componentes celulares, los mecanismos moleculares de respuesta y protección frente al stress oxidativo.
- Entender e interpretar los sistemas de función renal (filtración, función tubular, concentración y dilución de orina)
- Demostrar **buena** comprensión los sistemas de control del volumen, la osmolaridad y el pH de los líquidos corporales.
- Demostrar **buena** comprensión de los procesos de regulación de la temperatura y adaptaciones y respuestas relacionadas en animales.
- Describir **bien** los procesos involucrados en el intercambio de gases y procesos de osmoregulación en animales.
- Contrastar y describir **bien** los procesos de excreción de nitrógeno en diferentes especies animales.

- Comparar los diferentes sistemas circulatorios en animales.
- Entender e interpretar **bien** los mecanismos moleculares de la función cardíaca y las bases biofísicas de la circulación.
- Comprender **bien** los sistemas de control de la función cardiovascular: función cardíaca, circulación y presión arterial.
- Entender e interpretar **bien** las bases de función sanguínea
- Entender e interpretar los sistemas de motilidad, secreción, digestión y absorción del tracto gastro-intestinal.
- Entender e interpretar los mecanismos de regulación de la función gastrointestinal
- Entender e interpretar las bases de funcionamiento del sistema somatosensorial (desde transducción receptorial hasta procesamiento central) y de los sentidos especiales
- Entender e interpretar los sistemas de control endocrino de la función tiroidea, pancreática y adrenal, así como de los mecanismos de control de la calcemia y fosfatemia
- Entender e interpretar los mecanismos de control de la función reproductora
- Tener una **buena** visión integrada de las adaptaciones fisiológicas en respuesta al ejercicio, al ayuno, la saciedad y a la sed.
- Demostrar **buena** comprensión de los mecanismos de la fotosíntesis, toma de nutrientes y transporte en plantas
- Demostrar **buen** conocimiento de los procesos moleculares responsables del control del crecimiento y desarrollo de plantas, incluyendo hormonas vegetales
- Describir **bien** los mecanismos moleculares de respuesta de las plantas a la luz y nutrientes.
- Tener una **buena** percepción de la importancia eco-ambiental de las plantas como descontaminadoras de aguas y para el mantenimiento de suelos.
- Describir **bien** las bases de las relaciones de simbiosis y parasitismos en plantas.
- Describir **bien** las bases fisiológicas de la polinización y de la formación de la semilla y el fruto
- Entender e interpretar los mecanismos de defensas químicas de las plantas.
- Describir **bien** algunas de las técnicas más frecuentemente utilizadas para el estudio de la fisiología animal y vegetal.

Competencias a adquirir con el bloque Fisiología molecular de animales y plantas (saber hacer)

- Demostrar **buena** competencia en cálculos numéricos relacionados con procesos fisiológicos en animales.
- Realizar simulaciones (software adecuado) de función y adaptación de los sistemas de transporte y señalización, potencial de membrana y contracción muscular e interpretar **bien** los resultados.
- Realizar simulaciones (software adecuado) de función y adaptación de la sangre ante cambios funcionales e interpretar **bien** los resultados.
- Realizar simulaciones (software adecuado) de función y adaptación del sistema cardiovascular ante cambios funcionales e interpretar **bien** los resultados.

- Realizar simulaciones (software adecuado) de función y adaptación del sistema respiratorio ante cambios funcionales e interpretar **bien** los resultados.
- Realizar simulaciones (software adecuado) de función y adaptación de los sistemas renal y de control del equilibrio ácido-base ante cambios funcionales e interpretar **bien** los resultados.
- Realizar simulaciones (software adecuado) de función y adaptación de los diversos componentes del sistema nervioso ante cambios funcionales e interpretar **bien** los resultados.
- Utilizar modelos experimentales (o sobre datos publicados) de manipulación de los diferentes sistemas fisiológicos estudiados: uso de agonistas y antagonistas farmacológicos, etc., e interpretar **bien** los resultados.
- Identificar **correctamente** la estructura foliar de plantas C3, C4 y CAM y los componentes de un corte transversal del tallo de mono y dicotiledóneas.
- Determinar experimentalmente el potencial osmótico del contenido celular (plasmolisis) y medir el potencial hídrico de un tejido (Chardakov) e interpretar **bien** los resultados.
- Determinar **bien** la concentración de cloruros, nitratos y fosfatos en extractos celulares vegetales e interpretar los resultados.
- Determinar experimentalmente (o sobre datos publicados) el efecto de la temperatura, la concentración de CO<sub>2</sub> y de la intensidad luminosa sobre la velocidad de la fotosíntesis e interpretar **bien** los resultados.
- Determinar experimentalmente (o sobre datos publicados) el efecto de la temperatura sobre la velocidad de la respiración aerobia; y de la temperatura y del sustrato sobre la intensidad de la respiración anaerobia interpretando **bien** los resultados
- Separar los diferentes pigmentos fotosintéticos mediante disolventes químicos y su caracterización y medida del espectro de absorción de los pigmentos del cloroplasto.
- Aislar y purificar cloroplastos y determinación de la reacción de Hill.
- Analizar e interpretar los efectos de fitohormonas sobre las plantas, experimentalmente o con datos publicados. Ejemplos: de auxinas sobre el crecimiento del coleóptilo de maíz; giberelinas sobre el hipocotilo de lechuga y de las citoquininas sobre la expansión del cotiledón de rabanito.
- Realizar cultivo *in vitro* de las plantas superiores y metodología de transferencia génica.
- Buscar, obtener e interpretar los resultados de una interpelación básica a bases de datos de comparación de genomas de plantas (PlantGDB o similares) y de estudios de transcriptoma en *Arabidopsis* o en arroz (GERMINATE o similares).
- Familiarizarse con las bases de datos del Physiome Project (<http://www.physiome.org.nz/>) y uso básico de PhysioML y de TissueML files.

## 6.2) Microbiología, Virología y Parasitología

### Contenidos:

- 6.2.1. Microbiología. El mundo microbiano y la enfermedad infecciosa. Los cultivos bacterianos. Koch y la teoría microbiana de las enfermedades infecciosas. Los microorganismos: diversidad microbiana. Las partículas subcelulares: virus, viroides y priones.

- 6.2.2. El proceso infeccioso. Concepto de biota microbiana normal. Zonas del cuerpo humano colonizadas por biota normal. Importancia para la salud de la presencia de biota normal: estimulación inmune, exclusión de invasores, nutrición y metabolismo. La biota normal como origen de enfermedad: La infección nosocomial. La infección iatrogénica. Estrategia del patógeno para instalarse y adaptarse y los sistemas especializados de defensa del organismo humano. Mecanismos para la adhesión, penetración, diseminación y adaptación. Las barreras defensivas inespecíficas y específicas.
- 6.2.3. Muerte microbiana. Concepto de esterilización y técnicas más importantes. Concepto de desinfección. Los desinfectantes y sus niveles de acción germicida. La pasteurización e higienización. Concepto y técnicas de antisepsis. Los antimicrobianos como moléculas efectivas frente a microorganismos pero sin toxicidad para el huésped. La existencia de formas de resistencia microbianas.
- 6.2.4. Morfología y estructura de las bacterias. La microscopía. Cocos, bacilos, espirilos y células pleomórficas. Agrupaciones celulares. La pared bacteriana, membrana plasmática; citoplasma bacteriano: componentes. Genoma bacteriano: cromosoma y plásmidos. Biosíntesis del peptidoglicano. División celular. La pared Gram positiva y Gram negativa. Tinciones diferenciales más importantes en bacteriología: Gram y Ziehl-Neelsen. Pilis y flagelos; la cápsula bacteriana.
- 6.2.5. Metabolismo y fisiología bacteriana. Nutrición y metabolismo bacteriano, obtención de energía y síntesis de compuestos orgánicos. El crecimiento bacteriano individual y de población. La división celular en bacterias. Influencia del medio ambiente en el desarrollo bacteriano: efecto de la temperatura, la atmósfera, el pH, la osmolaridad etc.
- 6.2.6. Genética bacteriana. Recuerdo de dotación genética en bacterias: el cromosoma bacteriano. Los plásmidos, concepto e importancia de la información que codifican. Transmisión de la información genética en procariotas: la conjugación, transformación y transducción. Mecanismos de recombinación no homóloga: los transposones y secuencias de inserción.
- 6.2.7. Mecanismos moleculares de la resistencia a antibióticos. Introducción al diagnóstico molecular. La resistencia a antibacterianos codificada en plásmidos. Aplicaciones de la genética bacteriana: filogenia basada en la secuencia del rRNA 16S; sistemas rápidos de identificación bacteriana; localización de poblaciones no cultivables; clonaje de moléculas de interés industrial y/o farmacológico.
- 6.2.8. Sistemática bacteriana. Importancia de la taxonomía en la identificación bacteriana y el diagnóstico de enfermedades producidas por bacterias. La clasificación de las bacterias patógenas para el hombre: selección de los criterios más trascendentes para el diagnóstico microbiológico en bacteriología.
- 6.2.9. Enterobacterias. Hábitat, morfología, cultivo, estructura antigénica. Clasificación de las enterobacterias de interés médico. Clasificación infraespecífica: biotipos, serotipos, fagotipos, etc. Acción patógena. Sensibilidad a antimicrobianos. Géneros *Salmonella*, *Shigella* y *Yersinia*: Mecanismos de patogenicidad. Diagnóstico microbiológico. *Escherichia coli*: serotipos, mecanismos de virulencia; tipos de coli patogénica: *E. coli* enterotoxigénica; *E. coli* enteropatógena; *E. coli* enteroinvasiva y *E. coli* enterohemorrágica (citotóxica) y *E. coli* uropatógena. Enterobacterias oportunistas: *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Morganella*, *Proteus* y *Serratia*. Mecanismos de patogenicidad. Diagnóstico microbiológico.

- 6.2.10. *Pseudomonas* y otros bacilos Gram-negativos no fermentadores (BGNNF). Taxonomía. Género *Pseudomonas*: Características microbiológicas, estructura antigénica, determinantes de patogenicidad. Diagnóstico microbiológico. Género *Burkholderia*: *Burkholderia cepacia*, *Burkholderia mallei*, *Burkholderia pseudomallei*: Acción patógena y diagnóstico microbiológico. Género *Acinetobacter*, género *Alcaligenes* y otros bacilos Gram-negativos no fermentadores.
- 6.2.11. *Vibrio*. Género *Vibrio*: hábitat, morfología, fisiología, estructura antigénica: serogrupos. Patogenicidad. Diagnóstico microbiológico. Epidemiología del cólera: fundamentos de la profilaxis y tratamiento.
- 6.2.12. *Campylobacter* y *Helicobacter*. Género *Campylobacter*: Morfología y fisiología. Patogenicidad y Diagnóstico. Género *Helicobacter*: Morfología y fisiología. Patogenicidad. Diagnóstico.
- 6.2.13. *Brucella*, *Haemophilus*, *Legionella*, *Bordetella*. Para cada género: Características morfológicas y metabólicas. Estructura antigénica. Mecanismos de patogenicidad. Patología que producen. Diagnóstico de laboratorio. Epidemiología y profilaxis.
- 6.2.14. *Neisseria*. Descripción del género *Neisseria*: taxonomía, características morfológicas, fisiología y metabolismo. *N. meningitidis*: Fisiología, antígenos, mecanismos de patogenicidad, acción patógena, diagnóstico y profilaxis. *N. gonorrhoeae*: cultivo, estructura, variabilidad antigénica, acción patógena, diagnóstico y profilaxis.
- 6.2.15. Espiroquetas. Clasificación y características generales de las bacterias espirilares: morfología, hábitat, fisiología. Género *Treponema*: *T. pallidum*: morfología y fisiología, estructura antigénica, patogenia y cuadros clínicos. Diagnóstico microbiológico. Epidemiología y profilaxis. Género *Leptospira*: morfología y cultivo; antígenos; patogenia y clínica; diagnóstico de laboratorio; epidemiología y profilaxis. Especies patógenas más importantes. Género *Borrelia*: Morfología y fisiología; patogenia y clínica; diagnóstico de laboratorio; epidemiología y profilaxis. Especies patógenas más importantes.
- 6.2.16. *Rickettsia*, *Chlamydia* y *Mycoplasma*. Familia Rickettsiaceae: características morfológicas, crecimiento y fisiología, antígenos, patogenicidad y clínica; epidemiología, diagnóstico. Género *Chlamydia*: definición, clasificación, estructura, ciclo de multiplicación, antígenos; Patogénesis y clínica; diagnóstico, epidemiología y profilaxis. Géneros *Mycoplasma* y *Ureaplasma*: Morfología, crecimiento y fisiología; antígenos; determinantes de patogenicidad; patogenia; diagnóstico, epidemiología y profilaxis.
- 6.2.17. Estafilococos. Características morfológicas, estructurales y fisiológicas. Poder patógeno: producción de toxinas, enzimas y otras características de virulencia. Estafilococos coagulasa positivos y negativos. Pruebas para la identificación y subtipificación. La infección estafilocócica. Epidemiología y prevención.
- 6.2.18. Estreptococos. Descripción del género Clasificación: importancia del tipo de hemólisis. Los grupos de Lancefield. Determinantes de patogenicidad: producción de toxinas y otros mecanismos de virulencia. Pruebas de identificación. Infecciones estreptocócicas. Epidemiología y prevención. El género *Enterococcus*: Importancia actual, determinantes de patogenicidad, Identificación, enfermedades que produce, epidemiología y profilaxis.

- 6.2.19. *Bacillus*, *Listeria*, *Corynebacterium*, *Erysipelothrix*, *Gardnerella*. Características morfológicas y metabólicas. Estructura antigénica. Mecanismos de patogenicidad. Patología que producen. Diagnóstico de laboratorio. Epidemiología y profilaxis.
- 6.2.20. *Clostridium*. Bacterias anaerobias: características generales. Género *Clostridium*: características microbiológicas del género. Clasificación clínica de los clostridios (patogenia). Antígenos; mecanismos de patogenicidad, diagnóstico de laboratorio; epidemiología y profilaxis de las especies más importantes: *C. tetani*; *C. perfringens*; *C. botulinum*; *C. difficile* y *C. septicum*.
- 6.2.21. Micobacterias. Género *Mycobacterium*, situación taxonómica; características microbiológicas: morfología, estructura de la pared, tinción: la ácido-resistencia; cultivo, clasificación y especies más importantes. *Mycobacterium tuberculosis*: Morfología, estructura, fisiología, estructura antigénica, determinantes de patogenicidad, patogenia y clínica; diagnóstico microbiológico. *Mycobacterium leprae*: características estructurales, fisiología, estructura antigénica, determinantes de patogenicidad, patogenia y manifestaciones de la lepra, diagnóstico de laboratorio. Epidemiología y profilaxis.
- 6.2.22. Virología. Generalidades. Estructura y composición de los virus: La cápside composición y modelos estructurales. Estructura del genoma. Estructuras superficiales: envoltorio, espículas. Multiplicación de los virus: fases de la replicación. Métodos de estudio en virología: técnicas inmunológicas; cultivos; microscopía electrónica; biología molecular. Viroides y priones: concepto.
- 6.2.23. El ciclo de replicación viral. Fase de síntesis en virus DNA y RNA modelos según la composición genómica. Síntesis de proteínas víricas: proteínas funcionales y estructurales. Fenómeno de la integración. Genética de los virus: mecanismos de cambio genético. Mutaciones en virus.
- 6.2.24. Virus DNA. Poxvirus, Adenovirus, Papovavirus y Parvovirus.- Características estructurales. Composición: genoma; proteínas. Antígenos. Modelo de replicación. Patogenia y clínica. Diagnóstico de laboratorio. Epidemiología. Prevención y tratamiento. La erradicación de la viruela. Herpesvirus. Familia Herpesviridae: Características generales, estructura, organización genómica, replicación, latencia y transformación. Clasificación de los herpesvirus. Virus Herpes Simplex; Virus Varicella-Zoster; Citomegalovirus; Virus Epstein Barr; Otros herpesvirus (HVH-6 y HVH-7). Para cada uno de ellos: características generales, ciclo de replicación, patogenia y clínica, diagnóstico, epidemiología y prevención. Mecanismos moleculares de la transformación oncogénica por virus DNA.
- 6.2.25. Virus que producen hepatitis. Hepatitis y hepatitis vírica. Hepatitis víricas de transmisión fecal-oral: Virus de la Hepatitis A (VHA) y Virus de la Hepatitis E (VHE): morfología, estructura, composición, replicación. Patogenia y clínica. Epidemiología y prevención. Diagnóstico de laboratorio. Hepatitis víricas de transmisión parenteral y/o sexual: Virus de la Hepatitis B (VHB); Virus de la Hepatitis D o delta (VHD); Virus de la Hepatitis C (VHC); Virus de la hepatitis G (VHG): Morfología, estructura, composición y replicación. Variabilidad del virus. Estructura antigénica. Patogenia y clínica. Diagnóstico. Marcadores de infección y de replicación vírica, carga viral. Epidemiología y prevención.
- 6.2.26. Virus RNA. Picornavirus y Reovirus. Características morfológicas y estructurales. Antígenos, serotipos. Replicación. Géneros que engloban. Patogenia y clínica. Diagnóstico microbiológico. Epidemiología. Profilaxis. Orthomyxovirus,

- Paramyxovirus. La gripe. Reseña histórica. Orthomyxovirus: Clasificación; morfología y estructura; Antígenos; replicación; genética; patogenicidad, patogenia, clínica, diagnóstico. Epidemiología y profilaxis. Paramyxovirus: Clasificación (Virus parainfluenza. Virus de la parotiditis. Virus del sarampión y virus respiratorio sincitial), estructura y composición, estructura antigénica, replicación, acción patógena, determinantes de patogenicidad. Patogenia, diagnóstico de laboratorio, epidemiología y profilaxis.
- 6.2.27. Togavirus, Flavivirus, Rabdovirus y otros virus RNA.- Togavirus y Flavivirus: Clasificación. Estructura y composición. Acción patógena. Diagnóstico. Epidemiología y profilaxis. Rabdovirus. Estructura y composición. Antígenos. Patogenia y clínica. Diagnóstico de laboratorio. Epidemiología y profilaxis. Otros virus RNA de interés médico: Calicivirus, Arenavirus, Filovirus, Coronavirus y Bunyavirus.
- 6.2.28. Retrovirus. Clasificación. Estructura del genoma y ciclo replicativo. VIH: Estructura y composición. Genoma. Ciclo de replicación. Patogenia y clínica (SIDA). Importancia de las infecciones asociadas a SIDA. Respuesta inmune. Diagnóstico microbiológico. Terapia. Resistencia a la terapia. Otros retrovirus: HTLV-I; HTLV-II.
- 6.2.29. Retrovirus oncogénicos. Clasificación. Estructura del genoma y ciclo replicativo. Mecanismos moleculares de la transformación celular por retrovirus oncogénicos.
- 6.2.30. Características generales de los hongos. Situación taxonómica. Estructura celular. Morfología y crecimiento: hongos filamentosos y levaduras. Reproducción sexual y asexual. Nomenclatura. Clasificación. Enfermedades producidas por hongos: Micetismo y micotoxicosis; alergia y Micosis. Micosis: concepto; mecanismos de patogenicidad en hongos: el dimorfismo. Clasificación clínica de las micosis.
- 6.2.31. Hongos productores de micosis superficiales y subcutáneas. *Candida* y *Malassezia*. Mecanismos de patogenicidad. Diagnóstico. Dermatofitos y dermatofitosis: características micológicas, géneros y especies más importantes. Hábitat y patogenia. Mecanismos de patogenicidad. Formas clínicas. Diagnóstico micológico. Otros agentes de micosis superficiales: *Hortaea werneckii*, *Piedraia hortae* y *Trichosporum cutaneum*. Las Micosis subcutáneas y sus agentes: Esporotricosis, cromomicosis y micetomas.
- 6.2.32. Hongos productores de micosis sistémicas. Definición. Dimorfismo térmico. Patogenia. Hongos: *Histoplasma capsulatum*; *Coccidioides immitis*; *Paracoccidioides brasiliensis*; *Blastomyces dermatitidis*: micología, hábitat, epidemiología, clínica y diagnóstico micológico.
- 6.2.33. Micosis oportunistas.- Epidemiología del oportunismo. Género *Candida*: Patogenia, manifestaciones clínicas. Diagnóstico. Profilaxis y terapéutica. Género *Aspergillus*: Patogenia, formas clínicas. Métodos diagnósticos, profilaxis y tratamiento. *Cryptococcus neoformans*: micología; patogenicidad, hábitat y epidemiología, patogenia y formas clínicas, diagnóstico de laboratorio, tratamiento. *Pneumocystis carinii*. Clasificación. Morfología y ciclo biológico. Acción patógena y tratamiento. Otros hongos implicados en micosis oportunistas.
- 6.2.34. Parasitología. Las simbiosis; definición de parasitismo y modelos. Concepto de parásito; hospedador: concepto y tipos; vector. Clasificación general de los parásitos humanos. Instauración del parasitismo: fases. Ciclo biológico de los parásitos. Respuesta del huésped frente al parasitismo. Mecanismos de patogenicidad. La

- enfermedad parasitaria: características generales. Epidemiología. Estrategias para combatir las parasitosis.
- 6.2.35. Protozoos generalidades. Protozoos hemáticos. Morfología y estructura celular de los protozoos; Nutrición y reproducción. Formas de resistencia quistes- y formas vegetativas trofozoitos. Clasificación de los protozoos de interés médico. Protozoos hemáticos: *Plasmodium*, *Leishmania*, *Trypanosoma* y *Toxoplasma*: Morfología. Ciclo biológico. Epidemiología. Patogenia. Clínica. Diagnóstico. Profilaxis.
- 6.2.36. Protozoos intestinales y urogenitales. Protozoos intestinales: Amebas, flagelados, ciliados, coccidios y microsporidios. Morfología y ciclo biológico. Patogénesis. Epidemiología. Clínica y diagnóstico. Protozoos urogenitales: *Trichomonas vaginalis*. Otros protozoos de interés: *Acanthamoeba* y *Naegleria*.
- 6.2.37. Los metazoos como parásitos humanos. Cestodes generalidades. Los helmintos: características biológicas, morfología y estructura. Clasificación de los helmintos de importancia médica. Cestodes: características generales. *Cestodes* y *Trematodes* de importancia médica. Cestodes de importancia médica: Las tenias: Morfología. Ciclo biológico. Patogenia y clínica. Profilaxis. Trematodos: Duelas. Características generales. Trematodos hemáticos: *Schistosoma*. Morfología. Ciclo biológico. Patogenia y clínica. Profilaxis. Trematodos hísticos/intestinales: *Fasciola*. Nematodos intestinales: *Enterobius vermicularis*, *Ascaris lumbricoides* y otros. Morfología. Ciclo biológico. Patogenia y clínica. Diagnóstico. Profilaxis. *Nematodes* tisulares y filarias: Morfología. Ciclo biológico. Patogenia y clínica. Profilaxis
- 6.2.38. Ectoparásitos. Relaciones simbióticas. Mecanismos de transmisión. Acción patógena. Distribución. Identificación. Ácaros ectoparásitos y vectores. *Sarcoptes scabiei* y sarna. Insectos. Piojos: *Pediculus humanus*, *Phthirus pubis*. Chinchas. Pulgas. Garrapatas. Importancia como vectores.

Conocimientos a adquirir con Microbiología, Virología y Parasitología (saber)

- ***Demostrar capacidad de dar una charla breve a un auditorio no especializado acerca de un tema de Microbiología, Virología o Parasitología con posible impacto actual en la sociedad.***
- Familiarizarse con las definiciones y terminologías de las diferentes aproximaciones que definen los tests microbiológicos (<http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?CFRPart=866>)
- Identificar **bien** la biota microbiana normal del organismo humano como elemento indispensable para la salud y como posible fuente de enfermedad.
- Explicar **bien** el proceso infeccioso como una lucha entre los mecanismos de virulencia del microorganismo y los de defensa del huésped.
- Identificar **bien** los principales mecanismos de patogenicidad que los microorganismos emplean para la adhesión, penetración, diseminación y adaptación a los tejidos del ser humano.
- Relacionar los mecanismos de patogenicidad microbianos con las principales armas que nuestro organismo utiliza en la defensa a la invasión por microorganismos: las barreras constitutivas inespecíficas y el sistema inmune.



- Distinguir **bien** los conceptos de esterilización, desinfección y antisepsis y sus distintas aplicaciones.
- Reconocer **bien** los fundamentos de la acción de los antimicrobianos como moléculas efectivas frente a microorganismos.
- Representar **bien** las características estructurales, morfología y composición de la célula procariótica del dominio Bacteria.
- Distinguir **bien** la estructura y composición de los distintos tipos de pared celular bacteriana
- Identificar **bien** el crecimiento bacteriano como desarrollo de una población clónica y analizar los acontecimientos que dan lugar a las distintas fases de la curva de crecimiento bacteriano.
- Analizar **bien** las distintas formas de obtención de energía y síntesis de compuestos orgánicos de las bacterias y relacionar los factores del medio ambiente con el desarrollo y la vida bacteriana.
- Analizar **bien** la dotación genética bacteriana e interpretar la importancia de la presencia de plásmidos y de la información que en ellos se codifica.
- Enumerar y describir **bien** los mecanismos de transmisión de la información genética en procariotas y reconocer la existencia de mecanismos de recombinación no homóloga.
- Aplicar la biología molecular en bacterias, a la taxonomía, identificación y producción industrial.
- Identificar **bien** las dianas que la célula procariótica presenta para la acción de los antibacterianos y extrapolar los mecanismos de acción de los fármacos destinados al tratamiento de infecciones bacterianas, así como la posibilidad de desarrollo de resistencias a los mismos.
- Traducir la sistemática bacteriana en instrumento imprescindible para la identificación de bacterias patógenas y, por tanto, para el diagnóstico de enfermedades infecciosas bacterianas.
- Reconocer las familias, géneros y especies bacterianas más importantes implicados en patología humana. Distinguir los mecanismos de virulencia de cada uno de ellas y las fuentes de infección y posibles vías de entrada al organismo.
- Definir las características más importantes de cada familia, género o especie de bacterias patógenas, para su identificación y/o su manejo en el laboratorio, así como la orientación de la terapia y profilaxis más adecuada en cada caso.
- Distinguir **bien** los elementos estructurales y la composición de los virus, viroides y priones.
- Explicar **bien** la necesidad de los virus de ser patógenos intracelulares, y describir las fases de la invasión celular y replicación de las partículas virales.
- Explicar **bien** las técnicas básicas de que se dispone para el estudio de los virus.
- Describir **bien** las características morfológicas, estructurales y de composición de los viriones de las familias más importantes de virus patógenos humanos.
- Distinguir las familias más importantes de virus patógenos humanos y relacionar el modelo de replicación viral y células diana de cada una de ellas con la patogenia de la enfermedad y las posibilidades diagnósticas, terapéuticas y de profilaxis.
- Identificar **bien** las dianas estructurales y funcionales para la terapéutica antivírica y para la obtención de vacunas y antisueros.

- Definir **bien** el concepto de hepatitis vírica y los distintos virus identificados e implicados en este proceso clínico con sus características estructurales, de composición y de replicación; así como las posibilidades terapéuticas y profilácticas.
- Describir los conceptos de transformación oncogénica y persistencia viral, así como identificar los mecanismos moleculares por los que los virus oncogénicos inducen la transformación celular (virus DNA y retrovirus).
- Describir la estructura, composición e hipótesis de infección de los priones.
- Describir **bien** las características generales de los organismos del reino Fungi.
- Identificar **bien** los componentes y estructura de la célula fúngica y distinguir las dos formas de presentación de los hongos microscópicos: unicelulares y pluricelulares.
- Explicar **bien** el concepto de dimorfismo y extrapolar la importancia de este fenómeno en la patogenicidad de los hongos.
- Distinguir **bien** los conceptos de micetismo, micotoxicosis y micosis y clasificar estas últimas bajo el punto de vista clínico.
- Indicar las técnicas básicas de laboratorio en micología diagnóstica.
- Delimitar el concepto de micosis superficiales y cutáneas e indicar las características micológicas, epidemiológicas, y de patogénesis de los hongos que las producen.
- Delimitar el concepto y explicar la patogenia de las micosis subcutáneas, así como las características más importantes de los hongos que las producen.
- Definir las micosis sistémicas o profundas y enumerar los hongos implicados como agentes causales primarios de las mismas. Interpretar la importancia del dimorfismo térmico como principal mecanismo de patogenicidad de estos hongos.
- Delimitar el concepto de micosis oportunistas e indicar los hongos más frecuentemente implicados en estos procesos. Explicar la constante incorporación de nuevas especies a este epígrafe.
- Definir **bien** los conceptos de simbiosis, mutualismo, comensalismo y parasitismo, como formas de vida que implican la asociación de uno o más organismos.
- Exponer **correctamente** el concepto de vector y la importancia de los mismos en la epidemiología de los procesos parasitarios.
- Explicar **bien** qué se entiende por ciclo biológico de un parásito y su relación con la epidemiología, clínica, diagnóstico, profilaxis y posibilidades terapéuticas, de las parasitosis.
- Identificar **bien** los componentes y estructura celular de los protozoos, describir su forma de nutrición y reproducción y valorar importancia de los quistes como formas de reproducción y resistencia.
- Identificar los protozoos hemáticos más importantes en patología humana. Describir sus ciclos biológicos y deducir su patogenia, epidemiología y posibilidades diagnósticas terapéuticas y de profilaxis.
- Identificar los grupos más importantes de protozoos parásitos intestinales, describir sus ciclos biológicos y relacionarlos con la patogenia, profilaxis, diagnóstico y tratamiento.
- Reconocer a *Trichomonas vaginalis* como parásito exclusivamente humano de vías urogenitales.
- Describir las características generales de los helmintos y su relación con el ser humano como agentes patógenos.

- Describir el ciclo biológico y características morfológicas de los nemátodos de más trascendencia clínica; extrapolar la patogenia y posibilidades diagnósticas, de profilaxis y tratamiento.
- Describir el ciclo biológico y características más importantes de los esquistosomas y extrapolar la patogenia, diagnóstico y epidemiología de las esquistosomiasis.
- Describir el ciclo biológico y características más importantes de los cestodos de importancia médica, y extrapolar las posibilidades diagnósticas, epidemiológicas y de profilaxis.
- Describir los artrópodos más importantes implicados en patología humana como parásitos externos de nuestro organismo y reconocer la importancia de los artrópodos como vectores de enfermedades infecciosas.

#### Competencias a adquirir con Microbiología, Virología y Parasitología (saber hacer)

- Manejar **bien** los instrumentos de uso rutinario en el laboratorio de microbiología y utilizar los métodos de esterilización, desinfección y antisepsia: calor seco y calor húmedo (autoclave), filtración, radiaciones, ebullición, etc y comprender **bien** sus limitaciones.
- Demostrar conocimiento de la **buena** práctica aséptica para la recogida de muestras de sangre, orina, heces, frotis y exudados. y condiciones de almacenamiento y traslado de las muestras para estudios microbiológicos.
- Aislar, cultivar y observar los componentes de la biota normal y mostrar la efectividad de los antisépticos sobre biota normal de piel e interpretar los resultados **correctamente**.
- Realizar **correctamente** una toma de muestra de faringe para análisis microbiológico y detectar la existencia de microorganismos en la faringe de individuos sanos.
- Distinguir la presencia de uno o más microorganismos distintos por la morfología de las colonias desarrolladas.
- Obtener cultivos puros a partir de cultivos mixtos a través de diferentes técnicas de aislamiento (agotamiento, estrías escocesas, banco de diluciones). Recuento de microorganismos a partir de diluciones problema e interpretar los resultados **correctamente**.
- Determinar la influencia del medio ambiente en el desarrollo de los microorganismos. Observar y cuantificar el desarrollo de un cultivo mixto incubado en diferentes condiciones de temperatura y de medios de cultivo sólidos y líquidos e interpretar los resultados **correctamente**.
- Realizar tinciones diferenciales para la observación microscópica de muestras fijadas y posterior clasificación del microorganismo: tinción de Gram, tinción de esporas (verde malaquita), tinción de ácido-alcohol resistencia (Ziehl-Neelsen) e interpretar los resultados **correctamente**.
- Realizar pruebas bioquímicas, entre las que se incluye el crecimiento del microorganismo problema en muy diversos medios de cultivo que pondrán de manifiesto peculiaridades de su metabolismo/fisiología e interpretar **correctamente** los resultados con objeto de la clasificación e identificación
- Diseñar y realizar **bien** un antibiograma (o con datos publicados) frente a una cepa bacteriana desconocida e interpretar **correctamente** los resultados.

- Aislar bacteriófagos de muestras naturales y multiplicarlos, obtener lisados y realizar titulaciones de suspensiones víricas.
- Adquirir **buena** destreza en sembrar levaduras y hongos filamentosos en medio sólido y realizar microcultivos de hongos filamentosos. Distinguir por observación directa microscópica y por tinción específica.
- Identificar en imágenes de archivo, o preparaciones adecuadas, los principales parásitos humanos y las diferentes formas de su ciclo vital.
- **Diseñar, ejecutar e interpretar bien algunos tests de diagnóstico microbiológico y virológico utilizando métodos moleculares y serológicos.**
- Buscar, obtener e interpretar los resultados de una interpelación básica a bases de datos de microorganismos (WFCC-MIRCEN World Data Centre for Microorganisms (WDCM) o similares, al Ecocyc, al atlas de enfermedades infecciosas de la OMS. <http://www.who.int/GlobalAtlas/InteractiveMap/rmm/default.asp>; al CDC de Atlanta (USA) en sus diferentes bases de datos incluyendo la base de datos de parásitos DPdx (<http://www.dpd.cdc.gov/dpdx/Default.htm>) y de imágenes de parásitos ([http://www.dpd.cdc.gov/dpdx/HTML/Image\\_Library.htm](http://www.dpd.cdc.gov/dpdx/HTML/Image_Library.htm)) y bases de datos de virus, hongos, etc.

### 6.3) Inmunología.

#### Contenidos:

- 6.3.1. Principios de defensa del organismo. Daño celular/muerte e inflamación. Mecanismos de defensa inespecíficos (barreras/humoral/celular). Mecanismos de defensa específicos (humoral/celular).
- 6.3.2. Complemento. Genética, estructura, función y control en defensa y enfermedad. Deficiencias de complemento.
- 6.3.3. Células de linaje mielomonocítico. Células NK y defensa no específica. Ontogenia, estructura, fenotipo, función y activación. Chemoquinas y migración desde los vasos. Receptores de complemento y de Fc, moléculas de adhesión. Fagocitosis, muerte intra y extra celular. Respuesta respiratoria y secretora.
- 6.3.4. Bases de la inmunidad específica. Antígenos: tipos, estructuras, procesamiento y presentación.
- 6.3.5. Inmunogenética: polimorfismos, generación de diversidad y familias de genes reordenación y recombinación. Inmunoglobulinas: estructura, función y unión a antígenos. Complejo mayor de histocompatibilidad: estructura, función y regulación. Receptor de células T: estructura, función y unión de antígeno.
- 6.3.6. Linfocitos T y B. Ontogenia, fenotipo y subpoblaciones. Interacciones receptor/ligando y activación celular. Funciones efectoras. Órganos linfoides primarios y secundarios. Dinámica de poblaciones linfocitarias. Migración linfocitaria. Compartimento de mucosas y otros compartimentos del sistema linfoide.
- 6.3.7. Citoquinas, chemoquinas y otros inmunomoduladores. Origen, estructura, sitios de acción (receptores), regulación de la expresión génica y del metabolismo celular. Mediadores inflamatorios (leucotrienos, prostaglandinas, PAF, etc). Síntesis, estructura, sitios de acción (receptores), metabolismo y regulación.

- 6.3.8. Mecanismos de hipersensibilidad. Respuesta mediada por IgE. Citototoxicidad mediada por IgE, IgA o IgM. (oposinización, fijación de complemento). Complejos circulantes y aclaramiento. Otros mecanismos de hipersensibilidades: NK, basófilos cutáneos, etc
- 6.3.9. Inmunoregulación. Tolerancia: selección clonal, supresión periférica, anergia. Interacciones célula-célula: ayuda y supresión. Redes idiotípicas.
- 6.3.10. Enfermedades autoinmunes. Mecanismos de autoinmunidad: antígenos, respuesta humoral y celular. Factores genéticos y ambientales. Enfermedades sistémicas y órgano específicas. Mecanismos fisiopatológicos del daño celular y tisular. Diagnóstico y seguimiento de la evolución de las enfermedades autoinmunes.
- 6.3.11. Inmunología de trasplantes. Antígenos de histocompatibilidad mayores y menores. Rechazo de injertos: mecanismos. Reacción injerto-frente a huésped y mecanismos. Drogas inmunosupresoras.
- 6.3.12. Inmunología de tumores. Mecanismos de transformación y linaje celular Marcadores tumorales de leucemias y linfomas. Respuesta inmunológica a los tumores.
- 6.3.13. Inmunodeficiencias. Base celular y humoral. Deficiencias combinadas severas. Inmunodeficiencias adquiridas. Modelos animales de inmunodeficiencias. Utilidad de los modelos de animales inmunocomprometidos.
- 6.3.14. Inmunomodulación. Vacunación. Principios generales. Preparación de antígenos y protocolos de inmunización. Métodos de medición de la respuesta inmunológica. Nuevas técnicas de vacunación.

Conocimientos a adquirir con Inmunología (saber):

- ***Demostrar capacidad de dar una charla breve a un auditorio no especializado acerca de un tema de Inmunología con posible impacto actual en la sociedad.***
- Demostrar un **buen** conocimiento de los principios generales de defensa del organismo.
- Expresarse **correctamente** utilizando los principios, términos y conceptos inmunológicos.
- Familiarizarse con los términos de las diferentes aproximaciones que definen los tests inmunológicos de uso más frecuente. (<http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?CFRPart=866>)
- Conocer **bien** las bases celulares y moleculares de los procesos de inmunidad natural e inmunidad específica o adaptativa.
- Conocer la estructura, función y mecanismos de actuación a nivel molecular de las principales citoquinas y chemoquinas y de otros mediadores inflamatorios.
- Conocer **bien** las características de las distintas fases de la respuesta inmune.
- Conocer **bien** los mecanismos de regulación de la respuesta inmune.
- Conocer las bases celulares y moleculares de la hipersensibilidad y alergia.
- Conocer las bases celulares y moleculares de la tolerancia inmunológica y de las enfermedades autoinmunes.

- Conocer las bases moleculares de las inmunodeficiencias más frecuentes y la utilidad de animales inmunodeprimidos.
- Conocer las bases moleculares de la relación injerto-huésped y los mecanismos de rechazo bi-direccional.

#### Competencias a adquirir con Inmunología (saber hacer)

- Realizar e interpretar **correctamente** experimentos de inmunoprecipitación e identificación de antígenos: inmunodifusión y/o contra inmunolectroforesis
- Realizar e interpretar **bien** experimentos de lisis celular mediada por anticuerpos y fijación de complemento.
- Realizar **bien** la purificación de anticuerpos por técnicas cromatográficas (intercambio iónico, filtración en gel y afinidad), caracterizando su masa molecular nativa y de subunidades.
- Identificar **correctamente** los diferentes tipos de células sanguíneas en una extensión y frotis de sangre.
- Aislar poblaciones de células mononucleares usando técnicas de gradientes de densidad
- Realizar e interpretar (o usando datos publicados) experimentos de activación de linfocitos y respuesta secretora de forma **correcta**.
- Analizar experimentalmente (o sobre datos publicados) de forma **correcta** las diferentes poblaciones de células monocíticas con anticuerpos específicos (fenotipado) y análisis por citometría de flujo, utilizando el software adecuado.
- Interpretar resultados de caracterización de autoanticuerpos por *immunoblot* e inmunofluorescencia sobre células y tejidos.
- Diseñar en base a software adecuado un péptido para la obtención de anticuerpos específicos contra una proteína (Abie Pro 3.0, o similares) y comprender sus limitaciones.
- Saber acceder a bases de datos de epitopos presentados por MHC clase I y II y utilizar los algoritmos de predicción de posibles epítomos para una proteína cualquiera (antiJen, Epibase, o similares).

#### **6.4) Bioquímica clínica y Patología Molecular**

##### **Contenidos:**

- 6.4.1. Concepto de Bioquímica clínica y principales aplicaciones. Metodología analítica. Obtención, transporte y almacenamiento de muestras. Análisis de sangre y orina. Variabilidad preanalítica y analítica. Recuerdo de los criterios de validación de un test analítico. Evaluación de la significación clínica de los tests analíticos: sensibilidad, especificidad, valor predictivo y eficiencia. Incidencia y prevalencia de enfermedades Límites de acción e intervención médica. Control de calidad.
- 6.4.2. Proteínas Plasmáticas. Clasificación y funciones de las proteínas plasmáticas. Proteínas totales, métodos de medición Técnicas de separación de proteínas. El proteinograma. Interpretación de las variaciones en los niveles séricos de albúmina,

- alfa1-, alfa2- y beta-globulinas e inmunoglobulinas. Técnicas cuantitativas y específicas de la determinación de proteínas individualmente. Disproteinemias. Alteraciones mono y policlonales de las inmunoglobulinas. Proteínas de fase aguda. Proteínas en líquido cefalorraquídeo. Trastornos de malnutrición proteica y energética. Evaluación con tests analíticos.
- 6.4.3. Enzimas. Origen de los enzimas presentes en el suero. Liberación, secreción y aclaramiento renal. Perfil enzimático de órganos. Enzimas de interés diagnóstico: creatina quinasa, lactato deshidrogenasa, aspartato aminotransferasa, alanina aminotransferasa, gamma-glutamyl transferasa, fosfatasa alcalina, fosfatasa ácida, amilasa, lipasa y PSA. Determinaciones enzimáticas, unidades de medida de actividad y de cantidad de proteína enzimática. Valor clínico de la determinación de isoenzimas. Infarto de miocardio y enzimas en el suero (CPK, CPK MB, troponinas).
- 6.4.4. Balances hidroelectrolíticos y de gases en plasma. Parámetros del balance ácido-base. Medidas de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Evaluación de los trastornos de agua y electrolitos (sodio, potasio, calcio, magnesio, cloro y fosfato). Osmolalidad.
- 6.4.5. Pruebas de laboratorio para el estudio de la función hepática. Recuerdo de las funciones metabólicas del hígado. Diagnóstico enzimático en las principales alteraciones hepáticas. Formación y excreción de bilirrubina. Bilirrubina conjugada y no conjugada, métodos de valoración. Principales alteraciones hepáticas que cursan con alteraciones en bilirrubina, diagnóstico diferencial.
- 6.4.6. Exploración de la función renal. Recuerdo de la función glomerular, tubular y endocrina. Concepto de aclaramiento. Creatinina, síntesis y métodos de medición. Cálculo del aclaramiento de creatinina como indicador de la velocidad de filtrado glomerular. Urea, síntesis y métodos de medición. Ácido úrico, síntesis y métodos de medición. Medición de la función tubular, fracción excretada de iones. Principales alteraciones analíticas en el fallo pre-renal, renal y post-renal. Análisis cualitativo y cuantitativo de la orina. Examen microscópico de la orina. Cálculos renales naturaleza y composición. Proteinuria, cuantificación y perfil electroforético.
- 6.4.7. Exploración funcional gástrica, intestinal y pancreática. Función gástrica. Composición y propiedades del jugo gástrico. Estudio del pepsinógeno y de la pepsina. El factor intrínseco y la absorción de vitamina B12. Estudio de la digestión y de la absorción intestinal. Estudio de las hidrolasas: lactasa, sacarasa-isomaltasa y glucoamilasa. Métodos invasivos (biopsias) y no invasivos. Estudio de la absorción de sales biliares. Estudio de las carboxipeptidasas y aminopeptidasas. Fisiología de la secreción exocrina pancreática. Exploración selectiva de los trastornos pancreáticos: amilasa, lipasa, fosfolipasas, tripsina y quimotripsina. Correlación de estudios en suero y orina. Pruebas de estimulación de la secreción pancreática. Aplicación al estudio de los síndromes malabsortivos.
- 6.4.8. Introducción a la exploración funcional endocrina. Exploración funcional del eje hipotálamo-hipofisario. Exploración funcional tiroidea. Exploración funcional de glándulas suprarrenales y gonadales. Exploración funcional de la corteza adrenal. Eje hipotálamo-hipofisario-adrenal. Exploración funcional de la función ovárica.
- 6.4.9. Características generales de los marcadores tumorales: liberación, secreción y aclaramiento. Principales marcadores tumorales en cáncer colorectal, hepático,

- prostático, ovárico, mamario. Valor y limitaciones de los marcadores en diagnóstico, seguimiento y detección de recidivas tumorales.
- 6.4.10. Bases moleculares de la herencia y de las enfermedades genéticas. Tipos de enfermedades genéticas. Tipos de mutaciones y cómo afectan los distintos niveles de expresión génica: promotores, transcripción, *splicing*, estabilidad de los mensajeros, secuencia de las proteínas, etc. Modelo: las alteraciones de los genes de globina alfa y beta. Mutaciones dinámicas. *Imprinting* genómico y enfermedad.
- 6.4.11. Identificación de genes responsables de enfermedades. Metodología general. Estudios de ligamiento. Clonaje posicional. Frecuencia de recombinación y LOD *Score*. Paseo cromosómico. Identificación y caracterización de las mutaciones génicas y su repercusión funcional, modelos celulares y animales. Estudios de asociación. Desequilibrio de ligamiento y haplotipos ancestrales (gen fundador). Estudio de enfermedades complejas o multifactoriales.
- 6.4.12. Bases del diagnóstico genético molecular. Técnicas moleculares más utilizadas para el estudio de polimorfismos y su base molecular: mutaciones, deleciones, inserciones, repeticiones en tándem. Principales aplicaciones: diagnóstico y medicina forense.
- 6.4.13. Modelos animales en el estudio de la patología humana. Modelos animales espontáneos. Animales transgénicos. Animales con interrupción génica específica. El problema general de los modelos animales: viabilidad, reproducibilidad, estabilidad genotípica y manifestaciones clínico-patológicas. Utilización de las técnicas de transferencia génica para la producción de animales con déficits o marcadores de expresión de determinados genes. Utilización de modelos animales para estudios de enfermedades poligénicas o multifactoriales.
- 6.4.14. Errores congénitos del metabolismo de aminoácidos, glúcidos, lípidos y nucleótidos. Concepto y clasificación. Visión general de los mecanismos patogénicos. Aminoácidos: fenilalanina, tirosina, metionina, homocisteína e hiperamonemias. Transporte: cistinuria y enfermedad de Hartnup. Acidemias orgánicas: acidemia metilmalónica y propiónica. Glúcidos: galactosemia, intolerancia a la fructosa y glucogenosis. Trastornos en la oxidación de ácidos grasos. Purinas: hiperuricemia, gota y síndrome de Lesch-Nyan. Porfirias. Hemocromatosis.
- 6.4.15. Enfermedades de organelas: lisosomas y mitocondrias. Recuerdo general de las funciones lisosomales. Alteraciones en GAG y glicoproteínas. Esfingolipidosis. Enfermedad de células I. Recuerdo del genoma mitocondrial, herencia y expresión. Heteroplasmia y homoplasmia. Clasificación de las alteraciones genéticas del genoma mitocondrial. Reordenamientos. Alteraciones en los genes que codifican para tRNAs mitocondriales. Alteraciones en los genes que codifican para rRNA mitocondriales. Alteraciones en el genoma nuclear que afectan al DNA mitocondrial. Tejidos y órganos afectados y multiplicidad de manifestaciones clínicas.
- 6.4.16. Bases moleculares de la diabetes tipo I. Definición y clasificación de la diabetes mellitus. Diabetes tipo I. Factores genéticos y ambientales. Mecanismos moleculares del daño de las células beta: autoinmunidad. Marcadores serológicos de la pre-diabetes tipo I. Repercusión metabólica de la hipoinsulinemia y correlación con la sintomatología clínica. Valoración de los niveles de glucosa en ayunas y tras sobrecarga oral. Vigilancia de la intervención terapéutica: niveles de glucosa, Hb1ac



- y fructosamina. Principales complicaciones metabólicas de la diabetes tipo I: mecanismos fisiopatológicos y terapia compensatoria. Complicaciones a largo plazo de la diabetes: vascular, ocular, renal, neuropatía periférica.
- 6.4.17. Obesidad y diabetes tipo 2. Concepto de obesidad. La nutrición humana a lo largo de la evolución humana. Etiología de la obesidad: factores endógenos y exógenos. Modelos animales de obesidad. Obesidad humana de causa genética. Aspectos endocrinos, paracrinos y autocrinos del tejido adiposo. Regulación neuroendocrina del apetito. Aspectos moleculares de la diabetes MODY. Diabetes tipo II, obesidad e hipertensión. Diagnóstico diferencial de diabetes tipo I, MODY y tipo II. Mecanismos moleculares del síndrome metabólico. Terapia de la diabetes tipo II y obesidad.
- 6.4.18. Hipo e hiperlipoproteinemias. Recuerdo de las bases moleculares de la producción, secreción, transporte y procesamiento de lipoproteínas y del control integrado del metabolismo del colesterol. Valoración analítica del metabolismo de las lipoproteínas. Alteraciones monogénicas de la síntesis de apolipoproteínas, defectos de ensamblaje y secreción. Alteraciones monogénicas de enzimas del procesamiento de lipoproteínas. Alteraciones monogénicas de los receptores de lipoproteínas. Trastornos en la unión de ligando, internalización y degradación del receptor de LDL y alteraciones en la biosíntesis de colesterol. Alteración molecular y gravedad de la enfermedad. Estrategia terapéutica molecular para el tratamiento de la hipercolesterolemia.
- 6.4.19. Bases moleculares de la aterosclerosis. Recuerdo de la función integrada del endotelio y el músculo liso en el mantenimiento de la homeostasis vascular. Factores etiopatogénicos de la aterosclerosis. Fases del proceso y reversibilidad. Daño endotelial agentes causantes. Modificación de LDL. Receptor LRP y familia de receptores "*scavenger*". Funciones y regulación. Daño endotelial y respuesta de moléculas de adhesión, papel de las citoquinas. Mecanismos moleculares responsables de la formación de la estría grasa. Respuesta proliferativa e inmunológica. Organización de la placa de ateroma. Factores que influyen en la inestabilidad de la placa de ateroma. Papel del metabolismo de HDL en la aterosclerosis. Modelos animales de interrupción génica para los diferentes procesos del desarrollo de la aterosclerosis. Intervención terapéutica molecular en la aterosclerosis.
- 6.4.20. Enfermedades por depósito de amiloide. Introducción general a las enfermedades conformacionales o de plegamiento de proteínas. Concepto de amiloide. Estructura general de las proteínas que forman amiloide. Enfermedades por priones. Formas de presentación de la enfermedad en animales y en el hombre. Formas hereditarias en el hombre GSS, CJD, FFI y PrP-CAA. Naturaleza proteica del agente infeccioso, base experimental y *knock-out* de PrP. Mecanismos de generación de PrP conformacionalmente alterado, glicosilación. Cepas de priones y barreras interespecies para el paso de priones. Diagnóstico molecular de la infección por priones.
- 6.4.21. Enfermedad de Alzheimer. Características de las lesiones observadas en neuronas y en glia, intracelulares y extracelulares. Composición de los PHFs y del amiloide. Formas de presentación temprana y tardía. Factores genéticos (poligénico) y ambientales. Formas hereditarias. Gen de la  $\beta$ APP, generación de isoformas de

- $\beta$ APP. Mutaciones detectadas en formas familiares. Procesamiento normal y amiloidogénico de la  $\beta$ APP. Generación del péptido A $\beta$ , formador del amiloide. Proteasas responsables del procesamiento de  $\beta$ APP: presenilinas 1 y 2 (complejo funcional), BACE y TACE. Asociación de Alzheimer con alelo 4 de la ApoE, implicación del metabolismo del colesterol. Mecanismos patogenéticos: Taoístas y Baptistas, dos hipótesis. Demencia fronto-temporal, mutaciones en el gen de tau. Modificaciones post-traduccionales de Tau y formación de PHFs. Modelos animales de la enfermedad de Alzheimer. Acúmulo y aclaramiento del péptido A $\beta$ . Bases para la terapia molecular.
- 6.4.22. Enfermedad de Parkinson y Sinucleinopatías. Principales sinucleinopatías: Parkinson, atrofia muscular sistémica, demencia con cuerpos de Lewy. Características anatómo-funcionales del daño celular. Formas familiares de enfermedad de Parkinson y mutaciones asociadas. Mecanismos moleculares implicados en la agregación de sinucleína. Modelos animales de la enfermedad de Parkinson. Posibles mecanismos patogénicos de la enfermedad de Parkinson. Aproximación a la terapia molecular de la enfermedad de Parkinson.
- 6.4.23. Enfermedades por expansión de trinucleótidos. Localización de la expansión en la estructura de los diferentes genes afectados. Diagnóstico molecular de la expansión. Zonas codificantes (corea de Huntington, atrofia muscular espinobulbar, atrofia dento-rubro-paloidal, ataxias espinocerebelosas). Zonas intrónicas (Ataxia de Friedreich). Mecanismo patogenético. Zona del promotor (epilepsia mioclónica tipo I). Zonas no codificantes 5' y 3' (síndrome del X-frágil, distrofia miotónica). Mecanismo patogenético. Diferencias en la presentación, herencia y gravedad entre las distintas enfermedades de expansión de trinucleótidos. Modelos experimentales de transgénicos para el estudio del Huntington y de SCA1. Mecanismo patogenético de las expansiones de Gln (CAG). Ganancia de función. Secuestro de proteínas. Modelo patogenético de la enfermedad de Huntington: mecanismos transcripcionales y no transcripcionales. Aproximación a la terapia molecular de la enfermedad de Huntington.
- 6.4.24. Distrofias musculares. Clasificación de las enfermedades de causa genética del músculo esquelético. Estructura del músculo esquelético y de la zona de interacción de actina con la membrana plasmática del miocito. Alteraciones en el metabolismo de la carnitina. Distrofias musculares congénitas. Distrofia muscular de Duchenne y de Becker (DMD y BMD) y formas análogas en modelos animales. Bases moleculares. Distrofias musculares congénitas por afectación de sarcoglicanos. Defectos en merosina. Defectos en calpaína-3. Características moleculares y mecanismos patogenéticos. Terapia molecular de las distrofias musculares.
- 6.4.25. Enfermedades por fallos en los sistemas de reparación del DNA. Recuerdo de las vías principales de reparación del DNA post-replicación, reparación por escisión y recombinación. Clasificación de las enfermedades monogénicas con defectos en reparación en base a su sensibilidad a agentes que provocan daño en el DNA. Alteraciones en la reparación por escisión. Xeroderma pigmentosum. Síndrome de Cockayne y Trichotiodistrofia. Grupos de complementación. Formas de presentación clínica. Mecanismos de reparación afectados y especificidad de las lesiones. Ataxia telangiectasia. Formas de presentación clínica. Alteraciones en el gen ATM. Papel de ATM en las vías de señalización de parada en el ciclo celular por daño en el

- DNA. Anemia de Fanconi. Grupos de complementación. Síndromes de Bloom Werner. Grupos de complementación. Defectos en DNA ligasa I y DNA helicasa Q. Mecanismos moleculares implicados. Mutaciones en Brcal y mecanismos de reparación.
- 6.4.26. Bases moleculares de la tumorigénesis. Recuerdo del control de la proliferación celular. Los protooncogenes como eslabones en la respuesta celular a factores de crecimiento. Activación de protooncogenes a oncogenes, fenotipo dominante de transformación. Control del ciclo celular, genes supresores de la entrada en ciclo celular. Alteraciones en genes supresores y fenotipo recesivo de transformación. Pérdida de heterocigosidad en tumores. Teoría clonal de los tumores. Oncogenes y genes supresores en el proceso multi-estadio de producción de un tumor. Alteraciones en la maquinaria de reparación del DNA. Estudio en detalle de las alteraciones moleculares responsables del proceso de formación del adenocarcinoma de colon. Fases de iniciación y progresión. Mutaciones en APC (predisposición genética en FAP a cáncer de colon). Mutaciones en Ki-ras y en p53. Alteraciones en reparación post-replicativa o de desapareamiento de base (predisposición genética en HNPCC a cáncer de colon), fenotipo mutador de las células tumorales. Hamartomas y predisposición al cáncer de colon por alteraciones del estroma. Aplicaciones de genómica, transcriptómica y proteómica al estudio, clasificación, diagnóstico y seguimiento de los tumores
- 6.4.27. Bases moleculares de la invasión y de la metástasis de células tumorales. Fenotipo invasivo. Cambios en la expresión génica y alteraciones de la matriz extracelular producidas por tumores. Neoangiogénesis y factores de crecimiento e inhibidores del crecimiento vascular producidos por tumores. Genes involucrados en el proceso de metástasis. Papel del estroma en el desarrollo de tumores epiteliales. Citoquinas y factores quimiotácticos implicados en el establecimiento de colonias metastásicas. Mecanismos de recidivas. Persistencia de células madre tumorales. Diseño de nuevas terapias moleculares para el tratamiento del cáncer.
- 6.4.28. Terapia molecular. Concepto de terapia molecular. Concepto de transferencia génica y terapia génica. Agentes terapéuticos. Moléculas y procesos biológicos susceptibles de convertirse en dianas moleculares terapéuticas con ejemplos utilizados en la actualidad. Transferencia génica. Métodos de transferencia no viral y viral. Diseños, ventajas e inconvenientes. Principales vectores virales utilizados en terapia génica: retrovirus y adenovirus. Características de un vector de transferencia ideal y problemas de los vectores disponibles actuales. Ejemplos de terapia génica en uso en la actualidad. Discusión de los resultados y futuro de la terapia génica.

Competencias a adquirir con Bioquímica Clínica y Patología Molecular (saber)

- ***Demostrar capacidad de dar una charla breve a un auditorio no especializado acerca de un tema de Bioquímica clínica y/o Patología Molecular con posible impacto actual en la sociedad.***
- Describir **bien** el concepto y las principales aplicaciones de la bioquímica clínica: detección temprana de enfermedades y epidemiología, diagnóstico de enfermedades sistémicas y de órgano, monitorización de funciones vitales, monitorización de fármacos, terapia, toxicología y tests funcionales.

- Describir **bien** los diferentes factores: biológicos (edad, sexo, ejercicio, medicación, etc.), hora de toma de muestra, identificación y etiquetado, preservación, transporte, almacenamiento de muestras; y razonar por qué pueden afectar el resultado de una analítica.
- Describir **bien** las condiciones estándar para la toma de una muestra de sangre y de orina para estudios analíticos.
- Recordar las causas de la imprecisión analítica. Errores instrumentales y de procedimiento.
- Comprender el efecto de la variabilidad pre y post- analítica en los resultados analíticos.
- Comprender **bien** los conceptos de intervalo de referencia y variación de los resultados por causa analítica y biológica.
- Definir **bien** los diferentes parámetros que evalúan la utilidad clínica de un test analítico.
- Tener una idea clara de los métodos de control de calidad en laboratorios clínicos y de los estándares internos y externos.
- Demostrar conocimiento de los principales componentes proteicos del plasma y de las metodologías de su determinación analítica.
- Definir las principales causas de hipoalbuminemia y su valoración analítica.
- Demostrar conocimientos sobre el seguimiento analítico con indicadores proteicos de la malnutrición y malabsorción proteica.
- Describir la utilidad de la determinación de algunas proteínas específicas del plasma: transferrina, alfa-1 antitripsina, etc.
- Describir los cambios asociados a la inflamación en los niveles de proteínas plasmáticas.
- Describir las enzimas más importantes desde el punto de vista clínico. Origen, determinación y significación clínica.
- Describir la utilidad para el diagnóstico de daño cardíaco de la medición de: Troponinas, CK-MB, CK-total, transaminasas y mioglobina.
- Tener una idea clara de la distribución del agua y electrolitos en el organismo humano.
- Describir las bases de detección con electrodos selectivos de iones de:  $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $NH_4^+$  y  $Ca^{2+}$ .
- Describir los métodos para la cuantificación de la osmolalidad de plasma y orina.
- Tener una comprensión clara de los trastornos ácido-base y los mecanismos de compensación.
- Describir las diferentes causas de daño hepático.
- Describir las diferentes patologías que cursan con hiperbilirrubinemia.
- Describir las bases de los métodos de determinación de urea, creatinina y ácido úrico.
- Describir las principales causas de daño pre-renal, renal y post-renal.
- Describir las bases y alguna de las indicaciones para la realización de los tests de absorción: glucosa, xilosa, grasas, lactosa, hierro, etc
- Describir las bases de los tests de secretina y pancreozimina y del test de Lundh para el estudio de la función pancreática y sus limitaciones.
- Describir las bases y la interpretación de los resultados de los tests de pentagastrina e insulina en la anemia perniciosa, úlcera péptica, cáncer y síndrome de Zollinger-Ellison.
- Describir las bases y la interpretación de los resultados del test de urea expirada.

- Poder definir el concepto general, la aplicación e interpretación de los resultados de tests endocrinos de supresión de secreción e ilustrarlo con algún ejemplo.
- Explicar el significado de la cuantificación de alfa-fetoproteína, hCG, CEAs y producción ectópica de hormonas en el diagnóstico de tumores.
- Describir las bases moleculares de las enfermedades genéticas en sus diferentes mecanismos, pudiendo dar ejemplos que ilustren cada tipo de mecanismo.
- Describir la metodología para la identificación de genes desconocidos responsables de enfermedades genéticas.
- Demostrar conocimientos de los criterios para la identificación de un gen como responsable de una enfermedad de causa genética.
- Demostrar conocimiento de las metodologías y las limitaciones para la generación de modelos animales de enfermedades humanas.
- Describir algunas aplicaciones de las técnicas de PCR, *Northern* y *Southern* al diagnóstico molecular de enfermedades genéticas concretas y en medicina forense.
- Demostrar conocimiento de los principales errores congénitos del metabolismo con especial hincapié en los diferentes mecanismos moleculares (defecto enzimático, de cofactor, de activadores alostéricos), la repercusión funcional y la posible terapia.
- Demostrar conocimiento de las enfermedades de depósito lisosomal y de los mecanismos moleculares implicados.
- Demostrar comprensión de las peculiaridades de las enfermedades mitocondriales en cuanto a su transmisión, heterogeneidad y multiplicidad de fenotipos clínicos.
- Demostrar comprensión sobre los mecanismos patogénicos de la diabetes tipo I y II.
- Demostrar conocimiento sobre las repercusiones metabólicas y funcionales de los diferentes tipos de diabetes
- Demostrar comprensión de las bases moleculares de las hipo e hiperlipoproteinemias.
- Demostrar comprensión de las bases celulares y moleculares de la aterosclerosis y de los modelos animales para su estudio.
- Demostrar comprensión de las bases moleculares y celulares de las enfermedades con depósito de amiloide y en especial de las enfermedades neurodegenerativas y de los modelos animales para su estudio.
- Demostrar comprensión de las bases moleculares y celulares de las distrofias musculares.
- Demostrar comprensión de las bases moleculares y celulares de las alteraciones en los sistemas de reparación del DNA y de los modelos animales para su estudio.
- Demostrar comprensión de las bases moleculares y celulares de la tumorigénesis y de la capacidad de invasión y metástasis de las células tumorales.
- Demostrar comprensión del concepto y aplicaciones generales de la terapia molecular.
- Demostrar comprensión del concepto y aplicaciones generales de la terapia génica.

#### Competencias a adquirir con Bioquímica clínica y Patología Molecular (saber hacer)

- Calcular **bien** la sensibilidad, especificidad, valor predictivo y eficiencia de un test analítico e interpretar los resultados obtenidos.
- Representar e interpretar **bien** curvas ROC para la comparación de test analíticos.

- Evaluar **bien**, dados los intervalos de referencia, la significación de valores bajos o altos respecto a los intervalos de referencia.
- *Interpretar los resultados de los parámetros bioquímicos de una analítica de sangre y orina sugiriendo la orientación de las posibles patologías subyacentes a las alteraciones encontradas*
- Realizar y/o interpretar **bien** los diferentes modelos electroforéticos de proteínas plasmáticas con reconocimiento de las alteraciones más usuales en inflamación, cirrosis, hipergammaglobulinemias, etc.
- Interpretar los valores de glucosa, proteínas, bandas oligoclonales y enzimas de LCR en diferentes situaciones con relación a la patología.
- Realizar y/o analizar datos de volumen de plasma, contenido total de agua y los espacios de sodio y potasio en diferentes situaciones.
- Distinguir analíticamente entre diabetes insípida y bebedores de agua compulsivos.
- Utilizando datos de H<sup>+</sup> (pH), pCO<sub>2</sub>, pO<sub>2</sub>, saturación de O<sub>2</sub> y reserva de aniones ser capaz de indicar el estado compensado o descompensado de los diferentes tipos de acidosis y alcalosis.
- Realizar y/o analizar datos de medición de: fosfatasa alcalina, GOT, GPT y GGT y utilizar los criterios analíticos para diagnosticar los diferentes tipos de daño hepático
- Realizar y/o analizar datos de identificación de los diferentes metabolitos del hemo por técnicas espectroscópicas
- Realizar y/o analizar datos de medición de bilirrubina conjugada y total, urobilinógeno y urobilina y utilizar los criterios analíticos para el diagnóstico diferencial de las ictericias.
- Realizar y/o analizar datos de medición de urea, creatinina y utilizar los criterios analíticos para el diagnóstico diferencial del tipo de daño renal.
- Realizar y/o analizar datos de electroferogramas de proteínas de orina con reconocimiento de las alteraciones más usuales: Bence-Jones, sobrecarga, inflamación, daño glomerular y tubular
- Calcular el aclaramiento de creatinina y la fracción excretada de iones en diferentes situaciones e interpretar los datos obtenidos respecto a la función glomerular y tubular.
- Interpretar los resultados de los tests de absorción: glucosa, xilosa, grasas, lactosa, hierro , etc en diferentes situaciones.
- Realizar y/o analizar datos de medición de amilasa y lipasa y utilizar los criterios analíticos para el diagnóstico de pancreatitis.
- Interpretar los resultados de los tests secretina y pancreozimina y del test de Lundh para el estudio de la función pancreática en diferentes situaciones.
- Interpretar los resultados de un test de supresión endocrina suministrando como datos en qué consiste la prueba aplicada y qué función endocrina explora.
- Realizar e interpretar los resultados de una interpelación básica a la base de datos de tests de análisis bioquímicos como <http://www.labtestsonline.org/> o similares.
- Analizar e interpretar **bien** sobre datos publicados el clonaje posicional de un gen como causante probable de una enfermedad.
- Analizar e interpretar sobre datos publicados la identificación de haplotipos con desequilibrio de ligamiento y su distribución geográfica y poblacional.

- Realizar y/o interpretar **bien** los principales test moleculares de uso común para el diagnóstico de hemocromatosis y fibrosis quística.
- Discriminar **bien** sobre datos analíticos de medición de glucemia basal y de prueba de sobrecarga oral de glucosa, las diferentes situaciones observables en el diagnóstico de diabetes.
- Discriminar con datos analíticos de medición de insulina y glucagon, péptido C y pruebas de estimulación de la secreción de insulina, en diferentes situaciones observables en el diagnóstico de la hiperglucemia e hipoglucemia.
- Realizar y/o interpretar los tests de seguimiento clínico de la diabetes: hemoglobina glucosilada, excreción renal de albúmina.
- Discriminar con datos analíticos las variantes del coma diabético: hiperglicemia cetoacidosis, acidosis láctica, coma hiperosmolar.
- Calcular **bien** el índice de masa corporal y determinar normalidad y grado de obesidad.
- Discriminar con datos analíticos las diferentes formas de presentación clínica de hiper e hipolipoproteinemias.
- Realizar e interpretar los resultados de una interpelación básica a la base de datos OMIM y bases relacionadas sabiendo recuperar la información del locus del gen afectado (secuencia de DNA y proteína), localización cromosómica, EST asociados al locus, STS asociados al locus y SNPs asociados.
- Analizar e interpretar datos de genómica, transcriptómica y proteómica sobre tumores humanos y su utilidad clínica, por interpelación básica a la base de datos acceso público (GEO, oncomine, etc).
- Realizar e interpretar los resultados de una interpelación básica a la base KEGG (o similares) de mecanismos moleculares de la patología humana.

## 7. Bloque de Bioingeniería y Procesos Biotecnológicos

El bloque de Bioingeniería y Procesos Biotecnológicos de 26 créditos se considera específico para el grado en Biotecnología. En este bloque están comprendidas las áreas de Ingeniería Bioquímica, Ingeniería de Biorreactores, Procesos, Productos y Proyectos Biotecnológicos. También están incluidas algunas aplicaciones de la Biotecnología Molecular aunque no de un modo exhaustivo al ser éstas muy extensas y variadas. La formación en ingeniería bioquímica ha de permitir al estudiante la adquisición de las capacidades para aplicar sus conocimientos teóricos a escala de la producción industrial, salvando el vacío ahora existente entre la formación a nivel celular y molecular y la industria biotecnológica, donde se echan en falta profesionales capaces de dominar los aspectos moleculares y celulares siendo a la vez capaces de diseñar procesos para el uso y la explotación de organismos, células o biomoléculas en la obtención de bienes y servicios.

Los contenidos específicos de Biotecnología comprenden también un total de 6 ECTS troncales sobre Economía y Gestión de Empresas, incluyendo aspectos de propiedad intelectual y patentes, que son de gran relevancia en el sector biotecnológico industrial. Estos temas se contemplan en el bloque 8, y concretamente en el sub-bloque considerado específico para Biotecnología. La suma de créditos del presente bloque y del apartado al que se acaba de hacer referencia es de 32 ECTS.

### **Contenidos:**

- 7.1. Fenómenos y mecanismos de transporte en ingeniería bioquímica.
- 7.2. Ecuaciones de velocidad de transporte y propiedades del transporte.
- 7.3. Balances de materia y energía y cantidad de movimiento.
- 7.4. Procesos y secuencias de separación y purificación de productos. Estrategias de separación.
- 7.5. Tipos de biorreactores. Ecuaciones básicas para el diseño de reactores ideales
- 7.6. Diseño de reactores reales (discontinuos y continuos). Sistemas de alimentación. Reactores en serie. Cambio de escala.
- 7.7. Biocatalizadores (células y enzimas) confinados e inmovilizados: características y tipos de técnicas de confinamiento e inmovilización.
- 7.8. Diseño de reactores y aplicaciones de los biocatalizadores inmovilizado.
- 7.9. Instrumentación y control de bioprocesos.
- 7.10. Biosensores: tipos y funcionamiento. Aplicaciones de los biosensores.
- 7.11. Análisis de los procesos biotecnológicos. Tecnología de bioprocesos en base a las técnicas de la Biología Molecular.
- 7.12. Modelización y simulación de procesos.
- 7.13. Optimización de los parámetros económicos y técnicos de los bioprocesos. Estudio de alternativas. Análisis y síntesis en bioprocesos.
- 7.14. Estudio de casos reales: producción de insecticidas, proteínas terapéuticas y productos biodegradables.
- 7.15. Producción de proteínas a escala industrial: tipos de cultivos celulares, técnicas de mejora de la estabilidad y de la producción.
- 7.16. Utilización de microorganismos, células y enzimas en la producción industrial de productos químicos, biopolímeros, antibióticos. etc.
- 7.17. Ingeniería metabólica y concepto de control metabólico
- 7.18. Mejora de cepas y construcción de microorganismos superproductores.
- 7.19. Utilización de microorganismos para el tratamiento de agua, suelo y emisiones gaseosas. Biorremediación de suelos y biodepuración de aguas.
- 7.20. Producción de alimentos por procesos biotecnológicos. Producción de coadyudantes e ingredientes para procesos biotecnológicos.
- 7.21. Métodos de transformación de plantas y sus aplicaciones a la biotecnología vegetal.
- 7.22. Biodetección y monitorización de la contaminación ambiental
- 7.23. Control biológico de plagas. Análisis de riesgos.
- 7.24. Aplicación de las tecnologías de animales transgénicos en biomedicina, ganadería y sanidad animal, acuicultura.



- 7.25. Vectores virales y no-virales para terapia génica. Terapia génica *in vivo* y *ex vivo*.  
7.26. Aplicaciones de la Biotecnología en el desarrollo de vacunas y fármacos

Conocimientos a adquirir con el bloque Bioingeniería y Procesos Biotecnológicos (saber):

- Saber definir **bien** los conceptos base de la biotecnología y expresarse correctamente utilizando dichos términos
- Establecer **bien** cuáles son los productos de interés biotecnológicos y sus fuentes.
- Describir **bien** las unidades, variables y características de los fenómenos de transporte.
- Conocer **bien** los métodos de cálculo de balances de materia y energía.
- Conocer y describir **bien** la diversidad de procesos de separación a diferentes escalas
- Conocer **bien** los aspectos que intervienen en el diseño y funcionamiento de un biorreactor.
- Describir **bien** la catálisis enzimática y crecimiento microbiano en biorreactores.
- Conocer **bien** las características y aplicaciones de biocatalizadores inmovilizados y biosensores.
- Conocer las aplicaciones y potencialidades industriales de los biocatalizadores inmovilizados.
- Demostrar conocimiento de las características de los procesos de producción biotecnológicos.
- Dominar **bien** las bases del análisis y monitorización de procesos biotecnológicos .
- Conocer **bien** las nociones básicas de diseño de plantas Biotecnológicas.
- Tener nociones claras de optimización de los parámetros económicos en bioprocesos.
- Conocer **bien** los conceptos de ingeniería metabólica y control metabólico
- Describir **bien** los métodos de producción y mejora de alimentos por procedimientos biotecnológicos.
- Conocer la utilización las estrategias básicas en biorremediación, biorrecuperación y control de plagas.
- Conocer **bien** las estrategias de aplicación de organismos transgénicos.
- Conocer **bien** el diseño de vectores y las estrategias experimentales de terapia génica.
- Entender **bien** las bases para la producción biotecnológicas de fármacos biotecnológicos
- Conocer los criterios de control de calidad y garantías de la obtención de productos biotecnológicos.

Competencias a adquirir con el bloque de Bioingeniería y Procesos Biotecnológicos (saber hacer):

- Integrar **bien** los fundamentos de las ciencias de la vida y las ciencias de la ingeniería en el desarrollo de productos y aplicaciones.

- *Aprender a trabajar de forma adecuada en un laboratorio con material biológico (bacterias, células animales y vegetales, plantas, animales) incluyendo bioseguridad, manipulación y eliminación de residuos biológicos y registro anotado de actividades.*
- **Calcular, interpretar y racionalizar bien los parámetros relevantes en fenómenos de transporte y los balances de materia y energía en los procesos bioindustriales.**
- **Diseñar y manejar bien biorreactores a escala de laboratorio.**
- Diseñar bien procesos de separación industrial.
- Instrumentar y controlar bien bioprocesos.
- **Diseñar y ejecutar bien un protocolo completo de obtención y purificación de un producto biotecnológico en un biorreactor.**
- Diseñar un protocolo para optimizar la estabilidad de proteínas recombinantes producidas en biorreactores
- Utilizar adecuadamente equipamientos de producción biotecnológica a escala piloto o superior.
- Manipular correctamente microorganismos para su cultivo, aislamiento de cepas y su transformación en superproductoras. Aplicar la capacidad de manipulación de microorganismos en la producción de productos biotecnológicos.
- Establecer los modelos que permiten explicar y predecir variables celulares y enzimáticas (crecimiento celular y actividad celular y enzimática). Deducir las ecuaciones cinéticas y estequiométricas básicas.
- **Conocer bien las estrategias de producción y mejora de alimentos por métodos biotecnológicos.**
- **Conocer y aplicar bien la capacidad de manipulación de microorganismos en biorremediación, biorrecuperación y control de plagas.**
- Conocer bien las actuaciones básicas para la minimización del impacto ambiental en la producción biotecnológica.
- Cultivar y manipular adecuadamente células animales y vegetales.
- Diseñar aplicaciones de las metodologías de transferencia génica a especies vegetales.
- Establecer, mantener y caracterizar líneas celulares.
- Dominar bien las técnicas básicas de manipulación de animales de laboratorio.
- **Conocer y aplicar bien los criterios de evaluación de riesgos biotecnológicos.**
- **Conocer y aplicar bien los protocolos de actuación y de seguridad en una planta industrial.**
- Conocer y aplicar bien los criterios de escalado y desarrollo de procesos biotecnológicos bajo parámetros económicos.
- **Demostrar una buena visión integrada del proceso de I+D+i, desde el descubrimiento de nuevos conocimientos básicos hasta el desarrollo de aplicaciones concretas de dicho conocimiento y la introducción en el mercado de nuevos productos biotecnológicos.**

## **8. Bloque de Aspectos Sociales y Económicos de las Biociencias Moleculares y la Biotecnología.**

Este bloque se ha dividido en dos apartados. Un apartado que debe ser común para ambas titulaciones de Bioquímica y Biotecnología (6 ECTS) incluye: Bioética, Bioseguridad, Control de calidad y Evaluación (tanto desde el punto de vista analítico como de producción) y la Comunicación Social de las Biociencias Moleculares y de la Biotecnología, aspecto éste último que es considerado prioritario en la UE. Un segundo apartado recoge los contenidos específicos de Biotecnología, que comprenden un total de 6 ECTS troncales sobre Economía y Gestión de Empresas, incluyendo aspectos de propiedad Intelectual y patentes, que son de gran relevancia en el sector biotecnológico industrial.

### **Apartado 1: contenidos comunes**

#### **Contenidos:**

Bioética:

- 8.1. Moral y ética. Argumentos a favor y en contra de códigos éticos profesionales. Principios y Fundamentos de la Bioética. Bioética y legislación.
- 8.2. Aspectos bioéticos de la experimentación animal, de los ensayos clínicos, de los análisis de genética molecular humana, de la terapia génica y celular.

Normativas y legislación:

- 8.3. Directivas europeas y su transposición a la legislación estatal y autonómica.
- 8.4. Legislación actual sobre producción, uso y distribución de organismos genéticamente modificados (GMOs).
- 8.5. Legislación actual sobre experimentación y manipulación genética animal.
- 8.6. Legislación y normativas relativas al desarrollo y ensayos clínicos de agentes terapéuticos biotecnológicos. (IND: *Investigational New Drug Application*; NDA: *New Drug Application*; GLP: *Good Laboratory Practices*; GCP: *Good Clinical Practices*; cGMP: *Current Good Manufacturing Practices*).
- 8.7. Legislación y normativas sobre manipulación embrionaria, transgénesis y clonación.

Bioseguridad y riesgos:

- 8.8. Legislación internacional, europea y española sobre bioseguridad. Evaluación de riesgos de GMOs. Liberación de GMOs al medio ambiente. Modificación genética de alimentos. Componentes técnicos y sociales en la evaluación del riesgo biotecnológico.
- 8.9. Legislación sobre control y garantía de calidad.

Comunicación e impacto social:

- 8.10. Historia crítica e implicaciones sociales de la Biología Molecular y sus Aplicaciones en Biomedicina y Biotecnología. Papel de las Biociencias Moleculares y la Biotecnología en el contexto social contemporáneo.
- 8.11. Comunicación y percepción pública de las innovaciones en las Biociencias Moleculares y sus Aplicaciones Biomédicas y Biotecnológicas.
- 8.12. Análisis del impacto socio-económico de las Biociencias Moleculares y la Biotecnología.

Conocimientos a adquirir con el bloque Aspectos Sociales y Económicos de las Biociencias Moleculares y la Biotecnología (contenidos comunes) (saber)

- Demostrar **buen** conocimiento y comprensión del término “ética” y de las diferentes posiciones filosóficas y éticas en el debate ético.
- Demostrar conocimiento de cómo diferentes posiciones éticas llevan a diferentes planteamientos morales.
- Tener una **buena** visión integrada y aplicar sus conocimientos sobre las diferentes formas en que el ser humano se relaciona con su ambiente natural.
- Demostrar **buen** conocimiento de las cuestiones éticas y sociales de las aplicaciones de las Biociencias Moleculares en los ámbitos de la Biomedicina y la Biotecnología.
- Demostrar conocimiento de las normativas y legislación sobre la bioseguridad en los laboratorios, hospitales y empresas.
- Demostrar conocimiento de las normativas y legislación sobre la producción, uso y distribución de organismos genéticamente modificados.
- Demostrar conocimiento de las normativas y legislación sobre experimentación animal.
- Demostrar conocimiento de las normativas y legislación sobre ensayos clínicos con fármacos biotecnológicos y nuevas terapias biomoleculares.
- Demostrar conocimiento de las normativas y legislación sobre manipulación de embriones y clonación.
- Demostrar conocimiento de las buenas prácticas deontológicas (de laboratorio, clínicas y de producción de agentes terapéuticos).
- Demostrar **buen** conocimiento de los criterios de evaluación del riesgo biotecnológico
- Demostrar **buen** conocimiento sobre la importancia de la comunicación y percepción pública de las innovaciones biotecnológicas y de los riesgos asociados a ellas.

Competencias a adquirir con el bloque Aspectos Sociales y Económicos de las Biociencias Moleculares y la Biotecnología (contenidos comunes) (saber hacer)

- *Aplicar **bien** las bases legales y éticas implicadas en el desarrollo y aplicación de las ciencias moleculares de la vida.*
- Demostrar **buena** capacidad de participación en debates sobre diversos aspectos bioéticos, incluyendo los relativos a la experimentación animal, la generación de GMOs, los análisis de genética molecular humana, los ensayos clínicos y las terapias génicas y celulares.
- Demostrar **buena** capacidad de procesamiento de la información y adecuación de la práctica científica y tecnológica en base al conocimiento de aspectos legales.
- **Conocer y saber aplicar bien los criterios de evaluación de riesgos resultantes de las aplicaciones de las ciencias moleculares de la vida y de la biotecnología.**
- **Conocer y saber aplicar bien los elementos fundamentales de la comunicación y percepción pública de las innovaciones de las biociencias moleculares y la biotecnología y de los riesgos asociados a ellas.**
- *Escribir **bien** y con soltura un artículo de divulgación que presente un contenido científico-técnico para su comprensión por un público no experto en su lengua nativa y en inglés.*

## **Apartado 2: Sub-bloque de Economía y Gestión de Empresas, Bioeconomía, Propiedad Intelectual y Patentes (específico para Biotecnología)**

Este apartado contiene, además de las entradas correspondientes a Gestión de Empresas y a Patentes, conceptos de Bioeconomía, que incide en muchas áreas diferentes y es entendida como la parte de la actividad económica que aprovecha el valor de los procesos biológicos y de las fuentes renovables para la producción de energía, bienes, servicios y para la mejora de la salud, el crecimiento y el desarrollo sostenibles.

### **Contenidos:**

Economía y Gestión de Empresas:

- 8.13. Conceptos básicos de economía.
- 8.14. La empresa: naturaleza y organización. La empresa y el mercado
- 8.15. Naturaleza jurídica de las sociedades y tipos de empresa.
- 8.16. Introducción a la gestión empresarial: Análisis de decisiones y gestión de operaciones. Sistemas de Dirección, Financiación, Comercialización, Operaciones Productivas y Recursos Humanos. Estudio de las decisiones de gestión.
- 8.17. Gestión de Recursos Humanos: el comportamiento humano y la motivación en la empresa. Liderazgo y dirección en la empresa. Grupos de trabajo y trabajo en equipo. Dirección y política de personal. Políticas retributivas. Aspectos legales del contrato de trabajo.
- 8.18. Técnicas de búsqueda de empleo.

- 8.19. Actividad financiera de la empresa. La información financiera: cuentas anuales. Fuentes de financiación de la empresa. Capital social, capital riesgo, préstamos participativos, bancos de inversión y salida a bolsa.
- 8.20. Elementos de contabilidad empresarial.
- 8.21. Elementos de fiscalidad: impuestos, deducciones y desgravaciones. El estímulo fiscal a las actividades en I+D+i.
- 8.22. Actividad comercial de la empresa: estrategias de “*outsourcing*” y comercialización;
- 8.23. Investigación de mercados: análisis de mercados, costes y competencia; técnicas de *marketing*.
- 8.24. Actividad productiva de la empresa. Estrategia de operaciones. Planificación de la producción. Diseño del producto. Selección y análisis de flujo del proceso productivo. Gestión de inventarios. Gestión, auditoría y control de calidad.
- 8.25. Selección y gestión de proyectos de I+D+i. Gestión de la innovación.
- 8.26. Criterios de valoración de empresas biotecnológicas. Análisis de casos prácticos de empresas.
- 8.27. Creación de empresas. El plan de negocio. “*Spin-off*” y “*Start-up*”.
- 8.28. Diversificación empresarial en Biotecnología.

#### Bioeconomía

- 8.29. Papel de la Biotecnología en el desarrollo de una sociedad (y economía) basadas en el conocimiento. Prospectiva de la *Bioeconomía*.
- 8.30. Análisis de los sectores básicos de la Bioeconomía: Salud humana y animal, Agroalimentario, Industrial y Medioambiental. Panorama internacional, europeo y español en crecimiento del mercado biotecnológico.
- 8.31. Impacto social y económico de la Biotecnología.
- 8.32. Impacto ecológico de la Agrobiotecnología. Biotecnología y Biodiversidad.
- 8.33. Los sistemas de innovación como marco de referencia para las aplicaciones de la Biotecnología.
- 8.34. Políticas públicas de promoción de la biotecnología en España y Europa.
- 8.35. Visión integrada del proceso de I+D+i (desde el descubrimiento de nuevos conocimientos básicos hasta el desarrollo de aplicaciones concretas de dichos conocimientos y la introducción en el mercado de nuevos productos y servicios)
- 8.36. Transferencia de tecnología de las Universidades (y/o Centros de Investigación) a las Empresas.

#### Patentes:

- 8.37. Introducción a la protección de la propiedad intelectual e industrial y sus beneficios
- 8.38. Formas legales de explotación de la propiedad intelectual.
- 8.39. Conceptos de invención y descubrimiento.
- 8.40. Requisitos para la patentabilidad de las invenciones.
- 8.41. Bases de datos de patentes.
- 8.42. Procedimientos de obtención de patentes. Tipos de solicitud de patentes.
- 8.43. Especificación de las Invenciones: Título, Campo técnico, Antecedentes y descripción detallada, planes experimentales, ejemplos y reivindicaciones).

8.44. La problemática específica de las patentes biotecnológicas. Estudio de casos prácticos.

Conocimientos a adquirir con el bloque Aspectos Sociales y Económicos de las Biociencias Moleculares y la Biotecnología (específico Biotecnología) (saber)

- Definir **correctamente** y utilizar apropiadamente los conceptos básicos de economía y gestión de empresas.
- Conocer las técnicas de motivación en la empresa y de diseño de grupos de trabajo
- Conocer las estrategias de “*outsourcing*” y comercialización; análisis de mercados, costes y competencia; técnicas de *marketing*.
- Demostrar **buen** conocimiento de los conceptos básicos de contabilidad y de criterios de valoración de empresas biotecnológicas.
- Conocer los fundamentos básicos de una buena planificación de la actividad productiva.
- Demostrar un conocimiento básico de los aspectos fiscales de la actividad empresarial.
- Conocer las técnicas básicas de análisis de mercados.
- Demostrar un **buen** conocimiento de las técnicas de planificación y optimización de la producción.
- Conocer los criterios de valoración de empresas.
- Demostrar conocimiento de las etapas y los condicionantes en los procesos de transferencia de tecnología.
- Conocer las características de las políticas públicas de promoción de la Biotecnología, en España y en Europa.
- Disponer de una **buena** visión de conjunto de los tipos de empresas dedicadas total o parcialmente a la biotecnología
- Conocer **bien** las normativas y la legislación en el ámbito biotecnológico.
- Conocer **bien** los conceptos básicos sobre propiedad intelectual e industrial
- Conocer los mecanismos de adquisición de información sobre los sistemas de patentes.

Competencias a adquirir con el bloque Aspectos Sociales y Económicos de las Biociencias Moleculares y la Biotecnología (específico Biotecnología) (saber hacer)

- Aplicar programas informáticos para desarrollar planes de negocio y de mercado
- Manejar las herramientas informáticas de gestión de proyectos
- Gestionar proyectos de I+D+i.
- Valorar económicamente procesos industriales biotecnológicos desde el punto de vista económico-financiero
- Capacidad de gestionar procesos de introducción de los productos en el mercado
- **Diseñar bien una investigación prospectiva de mercado para un producto (o servicio) biotecnológico.**

- Investigar las oportunidades para la explotación industrial y comercial de la investigación a través de proyectos de I+D+i y de planes para atraer el interés de inversores potenciales.
- **Explicar la naturaleza y etapas del proceso de I+D+i desde el descubrimiento de nuevos conocimientos básicos hasta el desarrollo de aplicaciones concretas de dicho conocimiento y la introducción en el mercado de nuevos productos biotecnológicos de forma correcta.**
- Capacidad de realizar propuestas razonadas sobre gestión de los recursos humanos en empresas.
- Analizar el impacto social y económico de los procesos de producción biotecnológica.
- Capacidad de gestionar procesos de transferencia de tecnología desde centros de investigación a empresas
- ***Reconocer bien los problemas ecológicos-ambientales en el desarrollo y aplicación de las ciencias moleculares de la vida y la biotecnología.***
- Aplicar adecuadamente procesamiento de la información y adecuación de la práctica científica y tecnológica en base al conocimiento de aspectos legales.
- **Buscar y obtener información de las principales bases de datos sobre patentes y elaborar la memoria de solicitud de una patente de una invención biotecnológica (tecnología y/o producto biotecnológico) de forma correcta.**

## 9. Proyecto de grado o de fin de carrera

Un proyecto de grado o de fin de carrera, con un mínimo de 15 ECTS, debe de ser obligatorio como se incluye en la mayoría de los planes de estudio europeos analizados tanto para Bioquímica como para Biotecnología. La puesta en marcha, aprobación y seguimiento de los proyectos de grado debe ser realizada por una comisión nombrada al efecto que debe coordinar e implementar la normativa de realización y evaluación de los proyectos que vayan a realizar los graduados. Estos proyectos constituyen una forma de inmersión real del pre-graduado en la realidad laboral del área de Bioquímica y Biotecnología.

Los proyectos de grado serán llevados a cabo bajo la dirección y supervisión de un tutor. El tutor podrá pertenecer a la Universidad donde se imparten los estudios de grado (profesor en plantilla, contratado, etc.) o a cualquier otro organismo, centro de investigación o empresa donde se vaya a ejecutar el proyecto. Debiendo ser aprobada la propuesta del proyecto a realizar por la comisión de coordinación de proyectos de pre-grado antes mencionada.



### **Características generales del proyecto de grado.**

Las características generales que debe reunir un proyecto de grado se pueden resumir como sigue:

- El proyecto puede ser de investigación, desarrollo o revisión de nuevos conocimientos básicos y/o aplicados en cualquier aspecto de Bioquímica, Biología Molecular (Biociencias Moleculares) y Biotecnología.
- El proyecto tiene que estar bien definido, ser sustancial (no una colección de mini-proyectos), tener una razonable expectativa de su realización completa en el tiempo asignado y evitar trabajo excesivamente repetitivo.
- Debe de implicar el uso de conceptos y/o aplicaciones prácticas avanzadas y/o novedosas.
- Utilizar una variedad de técnicas instrumentales (no ser exclusivamente trabajo de biblioteca o bibliográfico) para los proyectos de investigación o desarrollo experimental.
- Promover el contacto de los estudiantes con la literatura científica básica y/o aplicada actual del área de Biociencias Moleculares y/o Biotecnología.

**Definición y características de los tipos de proyectos de grado.** Se considera que el proyecto fin de carrera o de grado puede realizarse de diferentes maneras como se describe a continuación.

- 1) **Proyecto de investigación o desarrollo experimental.** Se considera óptimo que el proyecto a realizar sea de inmersión del estudiante en un proyecto de investigación experimental o de desarrollo en un laboratorio de la Universidad, centros de investigación, hospitales, empresas, etc.
- 2) **Proyecto de investigación o desarrollo bioinformático.** Este tipo de proyectos consiste en el uso de las herramientas informáticas para el estudio de un problema científico o aplicado de las Biociencias Moleculares y de la Biotecnología. Las posibilidades de aplicación de las herramientas informáticas es muy amplio y va desde el análisis de resultados experimentales o empresariales a aplicaciones concretas a diferentes ramas de las Biociencias Moleculares y de la Biotecnología.
- 3) **Proyecto de “data mining” y bibliográfico.** Este tipo de proyecto está también recogido en las recomendaciones de SOMUL y se da en diferentes titulaciones de “*Life Sciences*” como alternativa. Algunas de las razones que justifican este tipo de proyectos son:

- a) La realización de los dos tipos de proyectos anteriores requiere en la Universidad española en mayor (experimental) o menor medida (bioinformático) que el estudiante se integre en un grupo de investigación que tenga subvención propia, ya que las dotaciones económicas de las universidades no pueden cubrir los gastos e infraestructuras necesarias para esos dos tipos de proyectos.
- b) Todos los estudiantes no están igualmente motivados para dedicarse profesionalmente a la investigación y desarrollo, aunque deban de poseer y desarrollar las competencias necesarias para la comprensión, análisis y crítica experimental. De suyo en la encuesta de inserción laboral realizada se detecta que al menos un 30% de los actuales graduados en Bioquímica y Biotecnología no siguen una carrera de investigación, desarrollo o innovación, y solo un 50% realiza ampliación de estudios.
- c) Muchos profesores de Universidad no tienen de forma efectiva un grupo de investigación activo por lo que su dedicación docente en este bloque se vería claramente imposibilitada. En cambio pueden utilizar sus habilidades y competencias demostradas para dirigir proyectos de “*data mining*” y bibliográficos.

Estas tres premisas hacen aconsejable los proyectos de “*data mining*” y bibliográficos. En los proyectos de “*data mining*” se requerirá un mínimo de acceso informático que puede ser garantizado por la dotación actual de la Universidad, o del profesor tutor, y en los que se trata de explorar la conectividad de productos génicos o de vías mediante el estudio con software adecuado, de uso público, de la literatura publicada y que han permitido descifrar mecanismos, interacciones o vías antes insospechados. El proyecto bibliográfico consistirá en la evaluación crítica de una serie de trabajos científicos publicados recientes sobre un tema específico de actualidad, o sobre el progreso histórico hasta la actualidad de conceptos básicos y su desarrollo y aplicación en Biociencias Moleculares y en Biotecnología. Este tipo de proyectos bibliográficos puede permitir además mayor desarrollo de competencias transferibles de relevancia social, además de las específicas del área de Bioquímica y de Biotecnología, a través de las siguientes modalidades de producto final del trabajo realizado:

- a) Escribir una revisión científica con el formato adecuado
- b) Escribir un artículo de prensa en el que se relate de forma comprensible para el hombre de la calle una serie de hallazgos científicos o aplicaciones de relevancia social actual en base a la revisión científica realizada.
- c) Escribir un artículo de divulgación científica sobre alguna materia actual y dirigido a personas interesadas con un cierto nivel de conocimientos científicos en base a la revisión científica realizada.

- d) Escribir un artículo sobre avances significativos en el área de Biociencias Moleculares y de Biotecnología dirigido a profesionales de otras ramas de la ciencia con las que hay profundas conexiones: Medicina, Farmacia, Veterinaria, Agricultura, Ingeniería, etc. en base a la revisión científica realizada.
  - e) Escribir una aplicación para una patente (para bioquímicos) o una propuesta de un proyecto de investigación para su financiación por agencias nacionales o internacionales en base a la revisión científica realizada.
- 4) **Proyectos docentes.** Una de las salidas profesionales para Bioquímicos y Biotecnólogos es la docencia tanto universitaria como no universitaria (secundaria y bachillerato) aunque en la actualidad sea un porcentaje minoritario. El objetivo de estos proyectos es el desarrollo de metodología docente adecuada para la posible nueva implantación de aspectos novedosos o de frontera en el avance de las Biociencias Moleculares y de la Biotecnología a los futuros curriculum de los graduados. Esta experiencia puede ser muy gratificante tanto para el profesor tutor como para el estudiante ya que le permitirá adquirir formación directa en la metodología docente. Ejemplos de los resultados a evaluar de este tipo de proyectos son: diseño de PBLs o IDBLs, materiales para el auto aprendizaje del estudiante, etc. De igual forma el objetivo y producto final del proyecto puede ser la elaboración de módulos conceptuales y experimentales que implementen la comprensión de las nuevas tecnologías en forma de Unidades Didácticas para secundaria y bachillerato.

**Los objetivos del proyecto de grado son:**

- 1) Completar un proyecto basado en: investigación o desarrollo en el laboratorio o empresa, investigación o desarrollo utilizando herramientas informáticas, revisión de literatura científica actual.
- 2) Adquirir experiencia en la recopilación, análisis y presentación de datos científicos, incluido el uso de paquetes informáticos.
- 3) Preparar y someter un informe detallado del trabajo realizado en un formato adecuado. Este informe debe consistir:
  - a) **Proyecto de Investigación o Bioinformático:** título, autor, centro donde se ha realizado y Tutor, Resumen o *abstract* (máximo 250-300 palabras) del trabajo realizado, Introducción con un Resumen de la literatura científica

relevante incluyendo un breve planteamiento de los Objetivos, Materiales y Métodos utilizados, Resultados, Discusión y Conclusiones, Bibliografía citada en el texto en formato científicamente adecuado, agradecimientos (máximo 100 palabras), incluyendo las fuentes de financiación que hayan hecho posible el desarrollo del proyecto. El balance relativo de extensión entre las secciones del informe dependerá del proyecto realizado.

- b) **Proyecto de “data mining” y bibliográfico:** título, autor, centro donde se ha realizado y Tutor, Resumen o *abstract* (máximo 250-300 palabras) del trabajo realizado, ordenación por subapartados de los diferentes aspectos que cubre la revisión realizada, Discusión, Conclusiones y futuras direcciones posibles de investigación. Esta revisión será la base para las otras modalidades de producto final del proyecto a evaluar: artículo de prensa, artículo de divulgación general, divulgación para profesionales de otras áreas, etc.
  - c) **Proyecto docente.** Basado en la revisión bibliográfica realizada se presentará el material docente en el formato adecuado y definido previamente tanto para los proyectos dirigidos a la enseñanza universitaria como a secundaria y bachillerato.
- 4) Desarrollar habilidades en el uso selectivo y apropiado de las fuentes bibliográficas, incluyendo las herramientas de búsqueda de las bases de datos, tales como Medline, y el uso de Internet.
  - 5) Preparar y realizar una presentación oral (con la ayuda de los medios audiovisuales adecuados) sobre el tema específico del proyecto realizado (sería muy deseable que esta presentación sea en inglés) y ser capaz de responder a cuestiones sobre el tema específico de trabajo respecto a: antecedentes del proyecto y su contexto científico, la metodología experimental utilizada (experimentalmente o de la literatura científica analizada), los resultados experimentales presentados (propios o de la literatura científica analizada) y la crítica de los mismos con especial hincapié en los controles adecuados, conclusiones alcanzadas y su evaluación crítica, la continuación del proyecto y posibles líneas de investigación o desarrollo futuros.
  - 6) Interpretar y comprender los datos presentados en un trabajo científico, identificando las características más sobresalientes del trabajo y siendo capaz de escribir un resumen, o *abstract*, para un trabajo científico con un máximo de extensión de 250-300 palabras.

En consecuencia las competencias que deben de adquirir, o desarrollar y afianzar los estudiantes en la ejecución y evaluación del proyecto de grado son las siguientes:

Competencias transversales:

- *Diseñar experimentos y comprender las limitaciones de la aproximación experimental.*
- *Dividir y analizar las partes de un problema.*
- *Diferenciar estudios observacionales y experimentales.*
- *Interpretar resultados experimentales e identificar elementos consistentes e inconsistentes.*
- *Diseñar experimentos de continuación para la solución de un problema*
- *Pensar de una forma integrada y abordar los problemas desde diferentes perspectivas*
- *Trabajar de forma adecuada en un laboratorio químico-bioquímico incluyendo seguridad, manipulación y eliminación de residuos químicos y registro anotado de actividades.*
- *Trabajar de forma adecuada en un laboratorio con material biológico (bacterias, hongos, virus, células animales y vegetales, plantas, animales) incluyendo seguridad, manipulación y eliminación de residuos biológicos y registro anotado de actividades.*
- *Analizar y sintetizar. Dada una serie de ideas ser capaz de integrarlas hacia un propósito determinado.*
- *Gestionar la información.*
- *Usar Internet como medio de comunicación y como fuente de información*
- *Resolver problemas*
- *Organizar y Planificar su trabajo.*
- *Tomar decisiones*
- *Aplicar las bases legales y éticas implicadas en el desarrollo y aplicación de las ciencias moleculares de la vida.*
- *Reconocer los problemas ecológicos-ambientales en el desarrollo y aplicación de las ciencias moleculares de la vida.*
- *Escribir un artículo de divulgación en el que presente un contenido científico-técnico para su comprensión por un público no experto en su lengua nativa para proyectos en el que este sea su objetivo final*
- *Hacer una presentación escrita, oral, y visual de su trabajo a una audiencia profesional y no profesional en inglés (muy recomendable). Comunicando la información en una forma lógica y coherente.*
- *Colaborar con otros compañeros de trabajo*
- *Colaborar en grupos pluridisciplinarios*
- *Colaborar con grupos internacionales*
- *Razonar críticamente*
- *Aprendizaje autónomo. Demostrando la capacidad de auto-dirigirse en las actividades de aprendizaje tras recibir instrucciones específicas generales.*
- *Adaptación a nuevas situaciones.*
- *Creatividad.*

- *Liderazgo y dirección de equipos.*
- *Iniciativa y espíritu emprendedor.*
- *Aplicar los conocimientos teóricos a la práctica.*
- *Entender el lenguaje y propuestas de otros especialistas.*
- *Ambición profesional.*
- *Autoevaluación.*
- Demostrar conocimiento de la información y de las competencias relevantes para una planificación de su carrera y empleabilidad.
- Tener una percepción clara de los costes, dedicación y constancia que requieren el trabajo científico.

Competencias específicas:

- Conocer **bien** las vías de acceso y aplicabilidad a la literatura científica específica de su disciplina.
- Llevar a cabo **correctamente** un experimento después de haber diseñado un protocolo adecuado, diseñando controles, analizando críticamente los resultados, y poniendo en perspectiva los resultados obtenidos con los de otros grupos de trabajo.
- Demostrar **buen** conocimiento en profundidad sobre un aspecto concreto del área de las Biociencias Moleculares y Biotecnología básico o aplicado y ser capaz de demostrar que sabe interpretar la literatura científica pertinente al tema.
- Demostrar **buena** habilidad manual para el uso y mantenimiento del equipamiento científico o de producción (proyectos experimentales) necesarios en un proyecto en Biociencias Moleculares o Biotecnología.

**Evaluación de los proyectos de grado.** La evaluación del cualquiera de las modalidades de proyecto debe basarse: en la presentación de un trabajo escrito en el formato adecuado al tipo de proyecto (artículo científico, revisión científica, revisión y artículo de prensa, divulgación, etc, presentación de Unidad de PBL, ICBL o didáctica), en la evaluación por el tutor del estudiante, y en la evaluación tras la presentación oral y defensa pública del proyecto ante una comisión independiente. La evaluación pública ante la comisión podría contar con: auditorio especializado (los propios estudiantes y profesores, podría ser en un mini-congreso con posters y presentaciones orales, o incluir a estudiantes de post-grado o Máster), o auditorio no especializado de estudiantes de otras carreras no estrictamente relacionadas con la Biociencias Moleculares y la Biotecnología.

Cabe la posibilidad de que el **proyecto** sea precedido de un ante-proyecto redactado también por el estudiante de grado bajo la supervisión del tutor y enviado para su evaluación a la comisión antes mencionada. Este informe escrito constará de las siguientes partes: Título y Autores. Resumen (250-300 palabras), Antecedentes, Objetivos, Abordaje

experimental, bioinformático y Bibliografía pertinente. El tiempo de realización de este ante-proyecto será entre 2-4 semanas y el informe tendrá una extensión máxima de 3 páginas. El estudiante deberá demostrar en una presentación pública (5-10 min) ante una comisión de evaluación haber comprendido todos los aspectos antes mencionados del proyecto. La calificación obtenida en esta parte del proyecto podrá suponer un 20% de la nota final de evaluación del proyecto de grado.

### 13. Distribución en horas de trabajo del estudiante, de los diferentes contenidos del apartado anterior y asignación de créditos europeos (ECTS).

En el contexto de la reforma que la adaptación al EEES hay claramente una directriz que aboga por el trabajo personal del estudiante como tarea principal del aprendizaje e incide en la labor de guía que deben de ejercer los profesores.

La propuesta de distribución para los nueve bloques de los títulos de grado de Bioquímica y de Biotecnología se resume en las siguientes tablas.

Bioquímica	Teoría (horas)		Aprendizaje personal tutorizado		Prácticas laboratorio		Examen (h)		Suma de horas	Horas/ECTS	Total ECTS	Horas presenciales (%)
	Presencial	Estudio	Presencial	Estudio	Presencial	Estudio	Duración	Estudio				
<b>BLOQUE TEMATICO</b>												
Química para las Biociencias Moleculares	55	55	30	60	50	50	3	12	315	26,25	12	43,81
Fundamentos de Biología	55	55	30	60	50	50	3	12	315	26,25	12	43,81
Física y Matemática para las Biociencias Moleculares	55	55	30	60	50	50	3	12	315	26,25	12	43,81
Métodos Instrumentales Cuantitativos y Biología Molecular de Sistemas	45	45	25	50	40	40	3	12	260	26,00	10	43,46
Bioquímica y Biología Molecular	120	120	70	140	105	105	6	24	690	26,54	26	43,62
Integración fisiológica y aplicaciones de la Bioquímica y Biología Molecular	125	125	75	150	80	80	6	24	665	25,58	30	43,01
Aspectos Sociales y Económicos de las Bioquímica y Biotecnología	18	18	20	40			2	8	106	26,50	4	37,74
Proyecto fin de carrera					300	65	1	9	375	25,00	15	80,27
<b>TOTALES</b>	<b>473</b>	<b>473</b>	<b>280</b>	<b>560</b>	<b>675</b>	<b>440</b>	<b>27</b>	<b>113</b>	<b>3041</b>			
Cociente horas prácticas/ horas teoría	1,4											

Y para Biotecnología la distribución sería

Biotecnología	Teoría (horas)		Aprendizaje personal tutorizado		Prácticas laboratorio		Examen (h)		Suma de horas	Horas/ECTS	Total ECTS	Horas presenciales (%)
	Presencial	Estudio	Presencial	Estudio	Presencial	Estudio	Duración	Estudio				
<b>BLOQUE TEMATICO</b>												
Química para las Biociencias Moleculares	55	55	30	60	50	50	3	12	315	26,25	12	43,81
Fundamentos de Biología	55	55	30	60	50	50	3	12	315	26,25	12	43,81
Física y Matemática para las Biociencias Moleculares	55	55	30	60	50	50	3	12	315	26,25	12	43,81
Métodos Instrumentales Cuantitativos y Biología Molecular de Sistemas	45	45	25	50	40	40	3	12	260	26,00	10	43,46
Bioquímica y Biología Molecular	120	120	70	140	105	105	6	24	690	26,54	26	43,62
Bioingeniería y Procesos Biotecnológicos	120	120	70	140	105	105	6	24	690	26,54	26	43,62
Aspectos Sociales y Económicos de las Bioquímica y Biotecnología	45	45	45	90			2	8	235	23,50	10	39,15
Proyecto fin de carrera					300	65	1	9	375	25,00	15	80,27
<b>TOTALES</b>	<b>495</b>	<b>495</b>	<b>300</b>	<b>600</b>	<b>700</b>	<b>465</b>	<b>27</b>	<b>113</b>	<b>3195</b>			
Cociente horas prácticas/ horas teoría	1,4											

La distribución total da un 43% de actividad presencial del estudiante de forma global, a excepción del proyecto fin de carrera, que lógicamente, supone una fuerte carga presencial. La docencia presencial puede considerarse excesiva, y se podría disminuir a lo largo de los estudios, con un 43% para 1º año e ir descendiendo hasta un 35% al tercer año; sólo la experiencia con el nuevo sistema docente y la colaboración de estudiantes y profesores determinará en cada caso lo más adecuado. En el cómputo global de tiempo, el estudiante tendrá un 57% de su tiempo, nominalmente, dedicado al estudio; aunque en realidad es mayor, pues parte de las actividades presenciales están dirigidas al estudio y ejercicio directo de lo estudiado.

El principal objetivo de las clases teóricas debería ser proporcionar al estudiante una visión general de los temas y explicar los puntos más importantes o los principios y conceptos más complicados. Algunas de estas clases teóricas deberían tener por objetivo la introducción de temas para proporcionar las bases del trabajo en grupo. La propuesta mantiene un número similar de horas de docencia teórica y práctica, hecho ya establecido en los planes de Bioquímica actualmente vigentes, aumentando ahora el componente práctico en el cómputo global al introducirse el proyecto fin de carrera, o de grado, dando de forma global una relación de 1,4 entre horas prácticas y teóricas. Lo que se ha denominado “Aprendizaje personal tutorizado”, se refiere a todas las actividades que no sean lecciones magistrales e incluyen: seminarios, problemas, trabajos académicamente dirigidos, etc. También se



debería introducir métodos de aprendizaje que están bien consolidados en otras disciplinas como el uso de: (a) **PBL (*Problem Based Learning*)**, según el cual se plantea un problema **real** a los estudiantes y los estudiantes que en grupos, estudian el problema y buscan (tutorizados) la solución del problema; o (b) **ICBL (*Investigative Case-Based Learning*)**, que podríamos considerar como un PBL avanzado, en el que el problema real es de investigación en un tema concreto. En realidad la abundancia de publicaciones en el área de las Biociencias Moleculares, el diseño de ICBLs, o su forma más elemental supuestos prácticos basados en datos numéricos, imágenes y figuras publicadas, debería ser una herramienta de aprendizaje de los estudiantes para que pongan en contexto real sus conocimientos, como se menciona explícitamente en muchas de las competencias de cada uno de los bloques (“sobre datos publicados”). Estos trabajos en grupo se deberían emplear para estimular y ayudar a los estudiantes a aprender los temas de forma que el conocimiento adquirido sirva para la solución de problemas. Dentro de estos trabajos en grupo, las presentaciones orales por parte de los estudiantes son también esenciales para su formación y deben de tener también como base la comprensión de la literatura científica actual dentro los temas específicos.

La distribución de los diferentes bloques en asignaturas será un proceso que llevarán a cargo las diferentes universidades en sus respectivos planes de estudio. Desde el punto de vista de la convergencia europea se pueden sacar una serie de conclusiones que deberían tenerse en cuenta para las directrices generales de los títulos de grado de Bioquímica y Biotecnología:

- El número de asignaturas totales por semestre no debe ser muy alto, entre 4 y 6, debiéndose tender a asignaturas de 5-7,5 ECTS para la troncalidad y de 3 a 5 ECTS para las asignaturas optativas.
- Se debe facultar a las Universidades a organizar los trabajos prácticos de cada semestre de forma flexible entre dos modelos extremos: 1) cada asignatura lleve sus prácticas asociadas y 2) todo el trabajo práctico de un semestre se curse en una única asignatura integrada semestral con los ECTS prácticos (más los de estudio, exámenes, etc.) de las correspondientes asignaturas de ese semestre.
- La bioinformática constituye hoy en día, y su importancia seguirá creciendo, una herramienta indispensable en las ciencias biomoleculares y en la biotecnología. Los contenidos propios de esta disciplina se han distribuido en los diferentes bloques como

competencias (saber y saber hacer). Se debe facultar a las Universidades para que puedan concentrar estos contenidos y competencias (total o parcialmente) en una única asignatura que deberá tener un mínimo de 6 ECTS.

- Sería bueno que entre las asignaturas optativas (o créditos convalidables por optatividad) se incluya:
  - Aprendizaje de inglés científico, con un nivel adecuado para la comprensión de trabajos científicos, redacción y exposición oral de trabajos (o se exija este nivel de inglés).
  - Una asignatura de orientación académica, personal y profesional de 3 ECTS para que el estudiante adquiera un conocimiento claro de los siguientes contenidos:
    - Organización de los estudios que va a realizar.
    - Proceso de aprendizaje. Aparte de indicarse las metodologías que se van a utilizar y lo que se requiere por parte del estudiante, deben comprender que el aprendizaje es un proceso que dura toda la vida y que se debe extender más allá de lo que dura una asignatura o un curso.
    - La importancia de saber enseñar y enseñar a aprender a otros.
    - La importancia de saber desarrollar sus competencias transversales (transferibles) tanto como específicas.
    - Estado actual de la Bioquímica y la Biotecnología y sus relaciones con otros campos de la ciencia y la tecnología
    - Importancia de comprender el entorno técnico, social, cultural, ecológico y económico del desarrollo de su profesión y la interconexión con y entre estos campos.
    - La importancia de la necesidad de que todo crecimiento (científico, técnico, empresarial) sea sostenible.
    - La importancia de llevar a cabo el ejercicio de su profesión de una forma ética y socialmente responsable.
    - Las salidas profesionales de la titulación de grado que van a cursar, los requerimientos o exigencias de esas salidas profesionales y la demanda por sectores de la actividad profesional a la que van a dedicarse.
    - Las posibilidades de continuar su formación con Másteres, y otro tipo de estudios.

**Evaluación.** La evaluación deber ser continuada y coronada por un examen final de cada una de las asignaturas. El estudiante a lo largo del curso debe ser evaluado en cuanto a su aprendizaje con pruebas objetivas que deberán computar para la calificación final de las asignaturas que cursa. La duración del examen final debe ser no mayor de 3h por asignatura de 12 ECTS.

Dado el carácter de las dos nuevas titulaciones de Bioquímica y Biotecnología con un diseño compacto y profundamente imbricado es altamente recomendable que se evalúe al estudiante al final de cada semestre, y como mínimo cada año para determinar su paso al año siguiente, pudiéndose compensar en la calificación final las calificaciones obtenidas en los dos semestres.

La organización docente exige que el estudiante tenga bien asimilados conocimientos y adquirido las competencias de un determinado semestre que se van a necesitar en los semestres siguientes. La organización docente con la nueva metodología hace inviable que un estudiante pueda estar cursando a la vez asignaturas de dos años distintos, porque es imposible hacer una programación adecuada de horarios. Una forma de establecer una normativa de forma práctica y clara para el estudiante es el establecimiento de prerequisites, o requisitos previos, en cada asignatura para ser cursada.

Como ya se ha mencionado, esta imposibilidad se pone claramente de manifiesto en el caso del proyecto fin de carrera, o de grado. Para poder cursarlo el estudiante deberá tener superadas todas las asignaturas previas, y solo estar pendiente de los posibles exámenes finales de las asignaturas del semestre en el que se realiza el proyecto de grado, la docencia de esas otras asignaturas se habrá realizado de forma completa antes del comienzo del proyecto.

Finalmente, en consonancia con el sistema ECTS, el método de evaluación debe dirigirse a la evaluación del estudiante por la consecución de los objetivos formativos y competenciales, y por tanto en la siguiente tabla se hace una propuesta de las posibles equivalencias entre el sistema español de notas numéricas y el sistema estadístico poblacional de grados del sistema ECTS.

Puntuación numérica España	Grado ECTS europeo	% estudiantes que aprueban una materia con ese	Definición
----------------------------	--------------------	--	------------

		grado ECTS	
> 9,5	A	10	<b>Excelente.</b> Estudiante excelente que alcanza los requisitos de formación completamente con mínimos errores.
9-9,5	B	25	<b>Muy Bueno</b> Estudiante sobresaliente que alcanza bien los requisitos de formación, pero menos completamente y con algunos errores menores.
8-<9	C	30	<b>Bueno</b> Estudiante muy notable que alcanza adecuadamente los requisitos de formación, pero con errores notables.
7-<8	D	25	<b>Satisfactorio</b> Estudiante que alcanza satisfactoriamente los requisitos de formación, pero con algunos déficits notables.
5-<7	E	10	<b>Suficiente</b> Estudiante que alcanza los requisitos mínimos de formación
3-<5	FX		<b>Insuficiente</b> Estudiante que requiere algo más de trabajo y aprendizaje para alcanzar los mínimos de formación
<3	F		<b>Muy insuficiente.</b> Estudiante que requiere mucho más trabajo y aprendizaje para alcanzar los mínimos de formación

**ECTS del profesor universitario.** El cambio en el cómputo horario para el estudiante y el cambio en la metodología docente dirigida al aprendizaje y al autoaprendizaje requieren también establecer un nuevo modelo de contabilizar el tiempo de dedicación del profesor a las tareas docentes que incluya: preparación, impartición, tutorización, etc. En la tabla siguiente se hace una estimación del “ECTS del profesor” para una asignatura de 12 ECTS con 60 estudiantes matriculados que se imparte en un solo grupo de teoría, 2 grupos de prácticas simultáneas, los trabajos tutorizados se llevan a cabo en grupos de 5 estudiantes donde el profesor encarga al menos 4 trabajos por estudiante durante la impartición de la asignatura, y finalmente se evalúa en un único examen. Para el cálculo total de horas se han distinguido dos situaciones: año inicial que supone mucho mayor trabajo de preparación y para años sucesivos.

ECTS profesor					Horas totales por asignatura de 12 ECTS	
	Horas	Nº de grupos	Nº de estudiantes	Horas totales	Año inicial	Años sucesivos
Teoría	1	1	60	1	55	55
Preparación Teoría	4	1	60	4	220	110

Aprendizaje tutorizado	1	12	60	12	360	360
Preparación Aprendizaje tutorizado	5	12	60	5	150	75
Prácticas	1	2	60	2	100	100
Preparación Prácticas	2	2	60	2	100	100
Examen	3	1	60	3	3	3
Preparación examen	2	1	60	2	2	2
Corrección examen	0,5		60	30	30	30
Corrección trabajos estudiantes (mínimo 4 trabajos por asignatura de 12 ECTS)	0,5		60	120	120	120
Reuniones coordinación, calificación, revisión				10	10	10
Horas totales					1150	965
ECTS profesor 1 ECTS = 26 h					44,23	37,12
cociente ECTS profesor/ECTS estudiante					3,69	3,09

El resultado de este análisis simple muestra que la carga docente para el profesor es mucho mayor que la tradicional por la que se computa las clases teóricas y prácticas, y en la que no están contabilizadas las horas de tutoría de los estudiantes. **El ECTS del profesor equivale como mínimo a 3 veces en tiempo al ECTS del estudiante.** Esperemos que esta realidad futura cuando se implanten las nuevas titulaciones se tenga en cuenta a la hora de evaluar la labor docente del profesorado universitario que además tiene por tarea inalienable su labor investigadora.

#### 14. Criterios e indicadores del proceso de evaluación.

En relación con el título ¿qué criterios e indicadores del proceso de evaluación cree que son más relevantes para garantizar la calidad del mismo? Sustentar la valoración que se aporte con los documentos que se estimen adecuados

En un proceso de evaluación de la calidad de una titulación influyen múltiples factores. La consideración de todos ellos, la diversidad de circunstancias, y, en particular, todos los factores humanos y materiales que concurren en la educación, no son de fácil objetivación. Para iniciar la tarea se ha utilizado como punto de partida el documento elaborado por la ANECA para establecer el modelo de acreditación de las enseñanzas.

El esquema elaborado por la ANECA se basa en 6 criterios:

- 14.1. Programa formativo.
- 14.2. Organización de la Enseñanza.
- 14.3 Recursos humanos.
- 14.4. Recursos materiales.

14.5 Proceso formativo.

14.6 Resultados.

y se ha añadido otro que explicita los anteriores

14.7. Estándares de calidad.

Todos ellos teniendo en cuenta los objetivos y el contexto de la titulación. La descripción de cada uno de estos puntos viene a continuación, pero todos estos puntos de evaluación requieren el establecimiento de unos estándares de calidad en especial para evaluar la organización y el proceso de formación.

### **14.1 Programa Formativo**

#### Objetivos del Programa Formativo

En este subcriterio se analizan dos aspectos: los objetivos del programa formativo y de los perfiles de los estudiantes egresados.

- El programa formativo define sus objetivos según los conocimientos, aptitudes, habilidades y capacidades que deben poseer los estudiantes al terminar sus estudios. Tanto las directrices generales de la titulación como los objetivos del programa formativo deben estar bien definidos y expuestos en un documento oficial. Así mismo, debe incluirse una descripción del proceso de determinación de los perfiles de egresados, según las diversas orientaciones profesionales.
- La definición del perfil de ingreso idóneo y el conocimiento del perfil de ingreso real de los estudiantes matriculados. En el programa formativo se debe especificar el perfil de ingreso que deberían tener los estudiantes para realizar los estudios, y debe ofrecer mecanismos que permitan conocer el perfil de ingreso real con el que acceden los estudiantes al proceso formativo. Para ello es preciso que existan datos e indicadores relativos a la oferta, demanda y matrícula en primer curso.

#### Plan de Estudio y su Estructura

Algunos aspectos a tener en cuenta en este subcriterio son:

- La coherencia de la estructura del plan de estudios con los objetivos del programa formativo y los perfiles de egreso: debe evaluarse que la estructura del plan de estudios esté bien definida, en cuanto a la distribución de asignaturas y a la adecuación de los contenidos reales de cada materia que conforman la titulación, evitándose vacíos y

duplicidades. Con este fin, es preciso que existan mecanismos que aseguren la coordinación entre materias.

- El contenido curricular del plan de estudios. El programa de las asignaturas que componen el plan de estudios debe ser detallado, además de accesible y público. Debe detallar tanto los contenidos como las competencias de aprendizaje. Los métodos y criterios de evaluación del aprendizaje deben estar bien definidos, así como la información sobre el personal académico responsable de la materia y personal colaborador. Otros aspectos prácticos a tener en cuenta son el horario y lugar donde se imparten las clases y tutorías, así como el calendario de exámenes y de las actividades complementarias.
- Revisión sistemática de los contenidos y, si procede, la actualización de los mismos de manera regulada y sistemática. Es necesario que existan mecanismos para obtener información que justifique la actualización de los contenidos de las materias: indicadores, planes de mejora, etc.
- Adecuación del tiempo de aprendizaje del estudiante previsto en el plan de estudios, de modo que permita cumplir los objetivos del programa formativo. Debe valorarse la adecuación de los créditos/horas de las materias o asignaturas del plan de estudios, teniendo en cuenta el tiempo de dedicación del estudiante al aprendizaje de las distintas asignaturas.

#### **14.2. Organización de la Enseñanza**

El equipo responsable del programa formativo debe asegurar su correcta planificación, organización y puesta en marcha, de acuerdo con criterios que deben ser públicos y accesibles, así como la revisión y mejora continua de dicha organización. Esto exige una adecuada dedicación y distribución de funciones entre el equipo directivo, y que exista una eficaz comunicación interna y externa.

Entre los aspectos organizativos pueden resaltarse los siguientes:

- La existencia de documentos que recojan los objetivos del programa formativo, el plan de estudios, la distribución de la docencia entre el personal académico, etc. Esta información debe estar disponible para los estudiantes.

- La definición del perfil de ingreso de los estudiantes, así como de los conocimientos y las competencias de los egresados.
- Una adecuada distribución de funciones en el personal de administración y servicios.
- La optimización en el empleo de los recursos económicos.

En titulaciones como los grados de Bioquímica y Biotecnología, caracterizados por su continua evolución y cambio, es de especial interés que existan mecanismos que permitan recabar información para la mejora continua de la planificación del programa formativo. Concretamente,

- Se detectarán las posibles discrepancias entre los objetivos del programa formativo y la organización del mismo,
- Los resultados del programa formativo se tendrán en cuenta para llevar a cabo acciones de mejora en dicha organización.

### **14.3. Recursos Humanos**

En este criterio, se analizan las características básicas tanto del personal académico como del personal de administración y servicios y su implicación en el proceso formativo. Este criterio está dividido en dos subcriterios:

- *Adecuación del personal académico a los objetivos del programa formativo.*  
El personal docente que vaya a impartir los correspondientes grados debe ser adecuado para cumplir con los objetivos del programa formativo, en cuanto a: número, nivel, categoría, dedicación y forma contractual. En el caso de las titulaciones de Bioquímica-Biotecnología, junto con las aptitudes y competencias pedagógicas, que deben asegurarse mediante programas de formación y actualización. Es de especial interés que el personal docente tenga una adecuada implicación directa en investigación, innovación y desarrollo. Deberá evaluarse, por tanto, que el personal docente esté implicado en actividades de investigación, desarrollo, e innovación, lo que repercutirá positivamente en el programa formativo.



- *Personal de administración y servicios está implicado en el programa formativo.* El personal de administración y servicios deberá estar implicado en el proceso formativo y capacitado para colaborar en las tareas de soporte a la docencia. En especial, dada la carga docente práctica de ambas titulaciones de grado, se estima absolutamente necesario que haya personal de apoyo técnico en los laboratorios de prácticas.

#### **14.4 Recursos materiales.**

Varios aspectos son interesantes de destacar dentro de este apartado: aulas, laboratorios, salas de lectura, aulas de informática y servicio de biblioteca.

Las aulas, tanto para clases teóricas como para el desarrollo de sesiones de problemas, cuestiones, trabajos y seminarios, etc. deben ser adecuadas a las necesidades de la organización docente del programa formativo, con suficiente espacio para desempeñar las actividades programadas y en número suficiente para que la mayor parte de las enseñanzas se puedan impartir de manera eficaz por un profesor a un grupo de estudiantes (30-40 estudiantes/grupo). Las instalaciones deben disponer de mesas y bancos adecuados, con una correcta iluminación, sistemas de calefacción y refrigeración y estar diseñadas para que tanto la visibilidad (pizarra/pantalla) como la acústica sean óptimas. Es imprescindible también que incorporen los medios audiovisuales requeridos para la impartición de las clases (retroproyectores, cañones, video, etc.) y conexión a Internet. Un tablón de anuncios en el exterior del aula puede servir para indicar la planificación horaria de las clases, asignaturas, profesores responsables, direcciones de páginas Web, acceso al aula virtual, localización de despachos de profesores en los departamentos, y cualquier información adicional de interés para el estudiante. La nueva metodología docente hace necesaria la existencia de seminarios, o aulas, para el trabajo de grupos reducidos con las dotaciones informáticas adecuadas, tanto para el trabajo de los estudiantes como para las tutorías.

En los estudios en ciencias experimentales como Bioquímica y Biotecnología una parte importante de las enseñanzas prácticas se lleva a cabo en los laboratorios. Una capacidad de 10-20 estudiantes por grupo y laboratorio parece adecuada para el desarrollo de las prácticas

bajo la tutela de varios profesores. Los espacios deben disponer de la infraestructura general en lo que respecta a iluminación, calefacción, refrigeración, bancos de trabajo, poyatas, estanterías, pilas, gas, agua, puntos de luz, banquetas, medidas de seguridad, y el equipamiento específico necesario para el desarrollo de los experimentos contemplados en el programa docente en el tiempo previsto, siendo deseable que cada estudiante pueda realizar las prácticas de forma individualizada. Ello implica una dotación adecuada en cada laboratorio del material fungible y pequeño material inventariable necesario, en función del tipo de experimento que se desarrolle (neveras, congeladores  $-20^{\circ}\text{C}$ , granatarios, pHmetros, centrifugas de mesa, baños termostatzados, agitadores, colorímetros, homogeneizadores, fuentes de electroforesis, pipetas automáticas, campanas extractoras, etc.). Es aconsejable disponer también de pequeñas salas colindantes para aparatos de uso común entre varios laboratorios (congelador  $-80^{\circ}\text{C}$ , balanza analítica, centrifuga de alta velocidad, ultracentrifuga, espectrofotómetro, espectrofluorímetro, cromatógrafo, campanas de flujo laminar, microscopio invertido, incubadores de células, autoclave, cámara fría, fermentadores, instalaciones de escala piloto de separaciones, etc). Cada laboratorio debería estar dotado de pizarra/pantalla, medios audiovisuales y equipos informáticos para el correcto desarrollo de los experimentos que lo requieran y el posterior análisis de los resultados obtenidos. El organigrama de ocupación de los laboratorios debe realizarse de manera que se optimicen los recursos disponibles.

En los nuevos planes de estudio las horas no presenciales implican que el estudiante debe buscar información y completar los contenidos impartidos en las clases presenciales. Esa información estará accesible a través de Internet y en las páginas *Web* de las asignaturas y en los libros que en cada caso se recomienden. Para ello será necesario que los centros dispongan del equipamiento informático necesario, para atender todas las necesidades de los estudiantes, y de salas de lectura que proporcionen el ambiente adecuado para que el estudiante pueda analizar la información, elaborar los contenidos de los temas, preparar trabajos monográficos, y cualquier otra tarea que se le encomiende. Por otra parte, en la actualidad se dispone de una cantidad importante de material en forma de programas informáticos de simulación de procesos celulares, moleculares o de aplicación de metodología experimental que deben formar parte del aprendizaje por parte del estudiante y que requieren el uso de ordenadores. La disponibilidad de este tipo de software y la

adecuación de las aulas de informática a su uso es también deseable. Además es necesario que el número de puestos en las aulas de informática y en las salas de lectura se adecúe al número de estudiantes que las van a utilizar.

Las fuentes bibliográficas, que comprenden los libros de texto y los artículos en revistas especializadas y de divulgación, deberán de ser recursos de fácil acceso. Por lo general no es difícil encontrar textos actualizados básicos de las diferentes materias incluidas en el programa formativo del título, adecuados para cada una de ellas y para diferentes niveles, pero deberán estar disponibles en número suficiente para atender a la demanda que de ellos se producirá. Es conveniente recomendar a los estudiantes una selección de estos textos con el fin de que los utilicen como elementos de consulta y de estudio. Por otro lado, en un área como es la Bioquímica/Biotecnología, con un crecimiento exponencial de conocimientos en sus diferentes campos, es también importante que, de un modo progresivo, los estudiantes se familiaricen con los trabajos que se presentan en las publicaciones, como fuente primaria del conocimiento científico. Por ello las bibliotecas deberán de disponer de una selección de revistas especializadas y accesibilidad a bases de datos. La organización de los fondos bibliográficos, disponibilidad en relación a la demanda, y préstamo de los mismos debe de ajustarse a las necesidades del programa formativo.

Los centros/departamentos deben de proporcionar el equipamiento adecuado para el desarrollo y la coordinación de las funciones propias del personal académico y del personal de administración y servicios y así garantizar la consecución de los objetivos docentes del programa formativo. Las nuevas metodologías de enseñanza exigen espacios para atender las tutorías en grupos reducidos de estudiantes y/o ampliar los espacios dedicados a despachos.

## **14.5 Proceso formativo**

### Acceso y Formación Integral

La educación universitaria es la última etapa de un proceso formativo cuya misión es preparar a los estudiantes para su incorporación al ámbito de la producción técnica y/o intelectual a un alto nivel. Es por ello que la enseñanza impartida en la Universidad es mucho más que una mera transmisión de conocimientos, constituyendo más bien una valiosa herramienta que contribuye a la formación integral del estudiante. Así, se espera que el estudiante universitario adquiera capacidades culturales, científicas y técnicas con un espíritu crítico, de manera que estas puedan ser desarrolladas con éxito a lo largo de su futura actividad profesional.

Los programas formativos deben disponer de procedimientos para dar a conocer cuáles son sus objetivos y sus competencias profesionales, con vistas a la captación de estudiantes. Iniciativas en este sentido pueden ser conferencias en los centros de enseñanza media, artículos y comentarios en prensa, organización de cursos teórico-prácticos de corta duración, que permitan poner de manifiesto la importancia de la Bioquímica/Biotecnología en el mundo actual, sus estrategias experimentales, los retos que tiene planteados y las fronteras en las que se están produciendo los avances de las diferentes técnicas.

El título establecerá la relación de conocimientos y competencias que deben reunir los aspirantes a ingresar (perfil de ingreso), garantizándose que el proceso de selección tenga en cuenta dichas características. En la actualidad existen programas de acogida que orientan al estudiante de nuevo ingreso y guías docentes para cada asignatura que recogen los objetivos generales, conocimientos previos requeridos, volumen de trabajo (horas de cada actividad del curso, horas totales y equivalencia a créditos ECTS), contenidos mínimos, destrezas a adquirir, habilidades sociales, temario, bibliografía de referencia, metodología y evaluación del aprendizaje, los cuales orientan al estudiante en los diferentes aspectos relacionados con el programa formativo.

La realización de diferentes tipos de encuestas permite evaluar la satisfacción del estudiante y recoger sugerencias con vistas a la implementación de acciones de mejora, siempre que el nivel de participación sea representativo. La existencia de iniciativas para la orientación profesional de los estudiantes, contactos con otras instituciones y con empresas privadas nacionales y extranjeras, pueden facilitar la inserción laboral de los futuros licenciados.

### Proceso de Enseñanza-Aprendizaje

Los componentes de toda programación didáctica son múltiples: objetivos, contenidos, técnicas metodológicas, experiencias y actividades, recursos didácticos, bibliografía, pruebas de evaluación, etc. La definición clara de los objetivos es una etapa crucial en la programación docente, ya que serán los que guíen las etapas posteriores de selección de los contenidos y métodos pedagógicos que se consideren más adecuados. En el proceso didáctico, lo que se comunica no puede desvincularse del cómo se comunica. Los contenidos se enseñan de acuerdo con patrones de comunicación, con una determinada metodología didáctica que admite multitud de modalidades y formas. Los recursos docentes de que se dispone a la hora de impartir los cursos pueden ser de muy diversa índole. Los proyectos de innovación educativa en la docencia de Bioquímica/Biotecnología están haciendo uso de los que se mencionan a continuación, aunque no se deben establecer patrones estáticos. Cada materia puede aconsejar un reajuste del procedimiento. Estos recursos utilizan la clase expositiva teórica, clases de problemas y cuestiones, clases prácticas de laboratorio, seminarios, trabajos monográficos y tutorías. Otras aproximaciones didácticas muy útiles son, como ya se ha indicado, el uso de **PBL** (*Problem Based Learning*) y de **ICBL** (*Investigative Case-Based Learning*). Otros recursos didácticos son las fuentes bibliográficas generales para cada una de las asignaturas/materias, las herramientas computacionales de representación, modelado o simulación y otros programas informáticos diseñados específicamente para la enseñanza virtual, generalmente disponibles a través de Internet.

El contexto socioeconómico actual exige mecanismos de aprendizaje cada vez más efectivos y pragmáticos, con mayor peso formativo frente al informativo. Esta demanda, unida a la crisis que atraviesa la enseñanza tradicional, ha motivado el fomento de diversas estrategias destinadas a complementar, y en ocasiones a sustituir a la clase expositiva clásica. Una versión de estas aproximaciones está en lo que se denomina aprendizaje activo, conjunto de métodos basados en la participación del estudiante como eje fundamental del aprendizaje, ya sea individualmente o en grupos, y en el autoaprendizaje. Por su parte, la labor del profesor se centra en la confección de programas, la selección y/o proposición de trabajos o problemas, la supervisión y orientación del trabajo de los estudiantes y finalmente su valoración o evaluación.

Un aspecto fundamental en la formación del licenciado en Bioquímica/Biotecnología es el trabajo en el laboratorio. La realización de los experimentos debe servir para ejemplificar la puesta en práctica de los conceptos expuestos en las clases teóricas. Asimismo, el trabajo en el laboratorio deberá incidir en el aprendizaje de protocolos, metodologías y técnicas experimentales, ya sean estas instrumentales o no, utilizados comúnmente en trabajos de investigación y análisis. El profesor resolverá las dudas que se planteen, dialogará con los estudiantes sobre los experimentos y resultados, observará como se desenvuelven en el laboratorio, su dominio de la materia, entre otros aspectos. Toda esta información, junto al análisis de los resultados obtenidos, discusión de los mismos y algunas entrevistas, se podrá utilizar como parte de la valoración continua de las enseñanzas. En relación con esto, la realización de trabajos monográficos, centrados en la revisión bibliográfica, el análisis de su contenido y la elaboración de un informe escrito, son de indudable valor formativo, y pueden servir para ensayar las guías generales a seguir en la preparación de un informe científico. Por otra parte, los seminarios, ya sean impartidos por especialistas o preparados por los mismos estudiantes, constituyen también un elemento importante de enseñanza activa destinado a complementar a las clases expositivas teóricas y prácticas, ya que son un medio para la ampliación de contenidos y discusión de aspectos científicos de actualidad o interés, y fomentan la participación activa del estudiante.

Las tutorías son uno de los mecanismos fundamentales de ayuda al estudiante para responder a las exigencias que la licenciatura y la propia vida universitaria le imponen, particularmente cuando el modelo docente se basa en gran manera en el trabajo personal del estudiante y en el autoaprendizaje. Se conciben como medio de control, coordinación y orientación del trabajo de los estudiantes por parte del profesor. Serán también el medio idóneo para que los estudiantes planteen las dudas o cuestiones que les vayan surgiendo a lo largo del curso. Mediante las tutorías el profesor podrá evaluar periódicamente el progreso del aprendizaje de los estudiantes, el nivel de coordinación de éstos en sus respectivos grupos y la evolución de la realización de trabajos y tareas propuestas. Son, por lo tanto, un elemento clave en el proceso de evaluación continua. La asignación de tutorías a cada uno de los estudiantes contribuye a la creación de un clima de confianza entre estudiantes y profesores que facilita la labor de estos últimos y aumenta el rendimiento de los primeros.

El planteamiento metodológico mencionado anteriormente tiene como objetivo favorecer un contacto frecuente y continuado del profesor con el estudiante de manera que le será posible conocer el progreso de su aprendizaje y llevar a cabo una valoración de éste en varios niveles, atendiendo a los objetivos del programa formativo. La evaluación continuada (tutorías) será complementada con datos más objetivos procedentes de tareas y trabajos encomendados a lo largo del curso (realización de prácticas, resolución de problemas y cuestiones, trabajos monográficos, seminarios, etc) y pruebas de examen, de manera que sea posible evaluar tanto las competencias como los conocimientos adquiridos.

#### **14.6. Resultados**

La adecuación del programa formativo a sus objetivos la establecen los resultados obtenidos por los egresados, el nivel de competencias y conocimientos que adquieren, y su eficaz inserción en el mercado laboral.

Dentro de los resultados obtenidos por los egresados existen diversos parámetros de fácil acceso que pueden servir de indicadores del rendimiento académico: el número de años que tardan en finalizar los estudios, la nota media por curso, el número de créditos superados respecto al número de créditos matriculados. Es también importante detectar el grado de satisfacción de los egresados con la formación recibida, para lo que deben existir mecanismos que permitan recabar dicha información.

En cuanto a los resultados de inserción laboral de los egresados en la sociedad, **las universidades deben de protocolizar estudios de inserción laboral de sus egresados.** Estos estudios permitirán conocer el tiempo que transcurre desde que acaban sus estudios hasta que se incorporan a su primer empleo, la adecuación de los conocimientos y competencias adquiridos con los perfiles profesionales; el grado de satisfacción de los empleadores, etc.

Como se ha indicado anteriormente, los resultados serán un referente importante para llevar a cabo acciones de mejora en el programa formativo y en su organización.

#### **14.7. Estándares de calidad**

El proceso de evaluación requiere que la agencia externa disponga de unos estándares de calidad y la metodología para la aplicación de esos estándares a la evaluación de una

titulación particular de una Universidad. En una primera aproximación se debe disponer para cada una de las asignaturas de una titulación una información clara y objetivable tanto sobre sus contenidos, como los métodos docentes, los criterios de evaluación, etc. Así sería recomendable que se utilizara un modelo de descripción más o menos universal, como se recoge a continuación, para todas las asignaturas. Es este uno de los aspectos clave del proceso de convergencia, hacer transparentes y legibles los estudios realizados y claramente un primer nivel para la evaluación de una titulación.

- Nombre de la titulación de grado
- Nombre de asignatura
- Pre-requisitos de formación
- Créditos ECTS para el estudiante
- Créditos España (o de Universidad), si los hubiera
- Horas totales de dedicación para el estudiante
- Horas totales de dedicación para los profesores
- Duración de la asignatura en semanas y semestre en el que se imparte
- Facultad en la que se imparte. Aula(s) y Horarios
- Departamento(s) responsable(s)
- Coordinador(es) de la asignatura
- Profesores responsables, además del coordinador
- Pre-requisitos
- Breve descripción de la asignatura
- Objetivos de la asignatura
- Contenidos.
- Competencias específicas de la asignatura (saber y saber hacer)
- Competencias transversales instrumentales
- Competencias transversales personales
- Competencias transversales sistémicas
- Métodos de aprendizaje y enseñanza y duración. Horas: teóricas (X h), prácticas (X h), de aprendizaje tutorizado (seminarios (X h), problemas (X h), PBL (X h), etc), autoaprendizaje.
- Método de Evaluación. Evaluación continuada: examen, trabajo o actividad durante el aprendizaje que se somete a evaluación y porcentaje de la nota final de la asignatura. Examen global o final (Tipo de examen, duración, puntuación). Revisión de examen por los estudiantes.
- Recursos de aprendizaje. Libros de texto recomendados, páginas Web, autoaprendizaje, autoevaluación, etc

El segundo paso de la evaluación consistiría en establecer los estándares para evaluar el nivel de formación tanto en competencias transversales (transferibles) como en competencias específicas, y eso incluye definir lo que se considera el nivel mínimo y un



buen nivel para cada una de las competencias transversales y específicas de la titulación. Una aproximación válida, al menos como punto de partida, son las recomendaciones del SOMUL (*the Social and Organisational Mediation of University Learning*) que recoge tanto las competencias como la definición operativa de los niveles para su evaluación para las biociencias en general, y que acompañamos como anexo. Un criterio simple utilizado para el nivel de aprendizaje de las competencias es el que se ha utilizado para definir las competencias: umbral y bueno. Esta simple clasificación, u otras, servirían para establecer un estándar de calidad a nivel de las competencias.

Otro estándar de gran importancia es la verificación con encuestas de inserción laboral del destino final de los egresados en cuanto a su empleabilidad a corto y largo plazo.

## **15. Recomendaciones para la organización de los estudios de post-grado de Bioquímica y Biotecnología en España.**

En el presente apartado se incluyen algunas recomendaciones generales a tener en cuenta a la hora de implantar los Másteres de un programa de post-grado en Bioquímica y Biología Molecular y en Biotecnología. Estas recomendaciones se basan en el estudio que se ha realizado de los Másteres de esta área en Europa, y tienen en cuenta la futura organización de los estudios universitarios en España, así como el Real Decreto 56/2005, del 21 de Enero de 2005 que establece las directrices de los estudios de post-grado.

### **15.1 Duración.**

Se recomienda que los Másteres tengan una duración temporal de dos años, equivalente a 120 ECTS. Dicha recomendación se basa en las siguientes razones:

1. La especialización que debe conllevar un título de Máster en Bioquímica o en Biotecnología requiere, al menos, 120 ECTS (2 años). En primer lugar porque la mayoría de los Másteres analizados en el resto de países europeos comprende 2 años de estudio. En segundo lugar, porque pueden acceder a los Másteres de Bioquímica o Biotecnología egresados de otros grados afines y para alcanzar un nivel de especialización adecuada también requerirán, al menos, 120 ECTS.
2. El acceso al Doctorado, que es una de las funciones de los Másteres, para los egresados de Bioquímica o de Biotecnología, de acuerdo a la propuesta de Grado que se hace en el presente Libro Blanco será de 180 ECTS (3 años), requiere que los estudiantes cursen como mínimo 120 ECTS adicionales.
3. La mayoría de los estudios de Grado analizados en nuestro entorno europeo tienen un contenido de 180 ECTS (3 años). Por lo tanto, si se pretende que los Másteres

tengan una dimensión internacional, es recomendable que consten de 120 ECTS para que la duración temporal no sea un obstáculo para intercambios y realización de Másteres conjuntos con otros países de la UE.

Sin embargo, siempre que haya razones justificadas, se pueden proponer Másteres muy específicos con la duración que se estime oportuna de 60 ó 90 ECTS.

### **15.2 Requisitos para acceder a los Másteres.**

Los requisitos para acceder a los Másteres de Bioquímica y de Biotecnología deberían ser:

- a. Estar en posesión de la titulación de Grado de Bioquímica y/o de Biotecnología. Se debe permitir el acceso de otros titulados de grado de disciplinas afines indicándose, si fuera necesario, qué formación previa deben adquirir antes de ser aceptados en los Másteres propios de Bioquímica y de Biotecnología. También debería permitirse el acceso de cualquier profesional que decida actualizar sus conocimientos y competencias.
- b. Tener un nivel adecuado de inglés leído, escrito y hablado.

En este punto, el Real Decreto antes mencionado, que regula los estudios de Postgrado deja claro la norma general. Sólo pueden acceder a un Máster los estudiantes que previamente hayan cursado un Grado. Sin embargo, también deja abierta la posibilidad de acceso a estudiantes que, sin tener un título de grado, hayan cursado al menos 180 ECTS. Como es lógico, el Real Decreto tampoco establece un límite superior, por lo que los requisitos para el acceso dependerán de la formación previa acreditada por el estudiante.

### **15.3 Estructura.**

La estructura del post-grado en Bioquímica y en Biotecnología debe dar cabida a una organización que contemple las diversas salidas profesionales y la profundización en áreas específicas de aplicación de la bioquímica, biología molecular y biotecnología. Este programa de post-grado se debe organizar en torno a lo que se podría denominar un “Máster tipo” de 2 años y 120 ECTS. La organización en “Y” del programa de post-grado ofrece una amplia ventaja para la cualificación final de diferentes tipos de Máster especializados. El programa de post-grado tendría la siguiente estructura:

- A) **Módulos de nivelación.** Con ellos se proporcionan los conocimientos y competencias que tienen que adquirir los estudiantes no provenientes de bioquímica y biotecnología para poder seguir con aprovechamiento los Másteres

específicos. Los contenidos y duración de estos módulos dependerán de la procedencia de los estudiantes que accedan a los Másteres.

B) **Módulos teóricos-prácticos.** Con un total de 60-90 ECTS (1-1,5 años) y que estarán constituidos por:

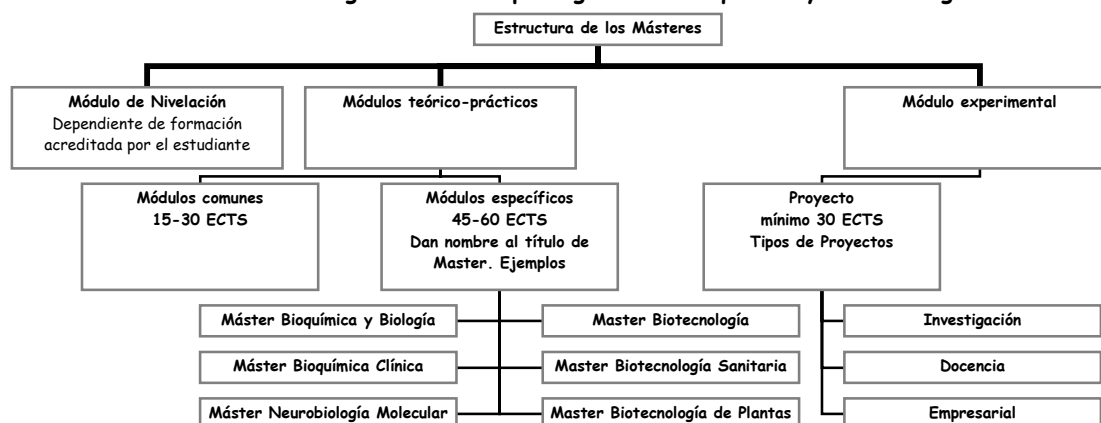
1. Módulos comunes. Con contenidos avanzados comunes a los diferentes títulos de Máster. Dependiendo del tipo de Máster de especialización podrían suponer un total de 15-30 ECTS
2. Módulos específicos. Con contenidos específicos avanzados para una titulación de Máster específica y con un total de 45-60 ECTS.

C) **Módulo experimental** (Proyecto de Máster). Este módulo consiste en la realización de un proyecto de investigación/desarrollo/aplicación que puede hacerse tanto en la universidad como en las empresas o instituciones que se concierten al programa de Máster. Debería suponer como mínimo 30 ECTS.

Los módulos específicos son los que definirían el nombre de la titulación del Máster. En la siguiente figura se muestra la organización de post-grado anteriormente descrita con algunos ejemplos de posibles títulos de Máster: los genéricos (como los Máster de Bioquímica y Biología Molecular o Máster de Biotecnología) o los más específicos: (como los de Bioquímica Clínica, Biotecnología sanitaria, Neurobiología molecular y Biotecnología de plantas, entre otros).

Dado que los Másteres tienen por objeto la especialización se recomienda que la optatividad no sea superior al 20% dentro de los módulos teórico-prácticos de cada Máster.

#### Organización del post-grado en Bioquímica y Biotecnología



#### 15.4 Contenidos curriculares de los Másteres y Competencias

Del análisis detallado de los diferentes programas de post-grado se puede extraer una serie de recomendaciones que se deberían adoptar para elaborar los Másteres específicos del programa de post-grado en Bioquímica y en Biotecnología con una orientación al EEES:

- a) La primera garantía de calidad de los Másteres se basa en la cualificación del profesorado que lo imparte. Esa calidad se evalúa en base a las contribuciones científicas, técnicas, aplicadas, o ejercicio profesional directo en la materia específica del correspondiente título de Máster. Esto garantizará un buen nivel profesional especializado en los módulos teórico-prácticos y en la calidad de los proyectos del módulo experimental.
- b) La participación de empresas es altamente recomendable en aquellos Másteres con marcado planteamiento aplicado.
- c) La participación de profesionales en ejercicio activo en las áreas de aplicaciones clínicas (Bioquímica clínica, Análisis clínicos, Microbiología clínica, etc) es altamente recomendable para aquellos Másteres del programa de post-grado que se refieran a estas disciplinas.
- d) Cualquier Máster en el área de Bioquímica y Biotecnología debe incluir la realización por parte del estudiante de un proyecto en el área de especialización del Máster con un mínimo de dedicación de 30 ECTS.
- e) Cualquier Máster actual en el área de Bioquímica y de Biotecnología debe tener un componente importante de formación en la utilización de herramientas informáticas aplicadas al estudio y análisis de diferentes fenómenos biológicos a nivel molecular o a sus aplicaciones, manejo de información, datos etc. El componente formativo de cualquier Máster en esta área debe de contar con un mínimo de 6 ECTS.
- f) Docencia en Inglés. Cualquier Máster que pretenda tener un mínimo carácter internacional, con posibilidad de intercambio, o de entrar en programas de Máster conjunto con otros países, debe impartirse en inglés.

Evidentemente cada título de Máster del programa de post-grado tendrá sus competencias específicas de formación, que serán definidas para cada Máster específico. Sin embargo, todos los Másteres deberían de incluir una serie de competencias transversales aplicables a cualquier título de Máster del programa de post-grado.

Estas competencias transversales deberían de incluir:

- Conocimiento claro de cómo se diseña un estudio para permitir probar una hipótesis.
- Competencia técnica y científica para asegurar la consecución de resultados precisos y reproducibles a partir de los cuales se puedan sacar conclusiones válidas en el área específica del Máster.
- Conocimiento suficiente de los principios y prácticas del análisis estadístico para poder demostrar la significación y validez de los resultados de una investigación, aplicación, mejora de producción, mercado, etc.
- Capacidad para enseñar y entrenar a otros, supervisando el trabajo que realizan.

- Demostrar una **buena** comprensión de los aspectos éticos del ejercicio profesional.
- Demostrar habilidad para ejecutar e implementar de forma práctica las normas de seguridad química y biológica en el entorno profesional propio a sus estudios de post-grado.
- Demostrar una **buena** capacidad de acceder por búsquedas electrónicas en bases de datos a la literatura científico-técnica.
- Demostrar una **buena** capacidad de comprender y criticar la literatura científica propia de los estudios de postgrado que se realizan y de las conexiones con otras áreas.
- Capacidad de identificar una cuestión o hipótesis significativa sobre un tema o problema y formular los objetivos, diseño y seguimiento de un proyecto para abordar su solución
- Capacidad para evaluar si un proyecto de investigación/desarrollo/patente/docente etc de su área de especialización de post-grado tiene posibilidades de hacer avanzar el conocimiento y/o la práctica ya existentes.
- Demostrar **buena** capacidad de comunicación oral y escrita (español e inglés), del manejo de datos y relacionarse con otros profesionales del área para presentar con soltura y confianza los resultados de una investigación, o aplicación, para su evaluación crítica por colegas o revisores en un ambiente formal e informal.
- Completar una tesis de post-grado que incluya las mismas secciones que un artículo científico/ técnico/unidad didáctica basado en un trabajo de investigación (o de otro tipo) realizado personalmente por el estudiante bajo supervisión y someterlo a publicación.

### **15.5 Método de Evaluación**

La evaluación de los Másteres debe realizarse de forma continuada dentro de cada módulo teórico-práctico. La evaluación del proyecto dentro del módulo experimental, o tesis de post-grado, incluirá, además de la presentación de un trabajo escrito con el formato adecuado, la exposición y defensa por parte del estudiante del trabajo realizado. En el tribunal, además de profesores del Máster, podrían participar responsables de las empresas / instituciones concertadas, así como doctorandos.

## Delegados del proyecto de diseño de plan de estudios de grado y postgrado de Bioquímica y Biotecnología

Universidad	Miembros del proyecto ANECA
1. Universidad Autónoma de Madrid	D. José González Castaño (Coordinador general del proyecto). D. Javier Díaz Nido
2. Universidad Autónoma de Barcelona	D. Josep Vendrell Roca Dña. María Plana Coll
3. Universidad Complutense de Madrid	D. José Gavilanes Dña. Inmaculada Fernández Fernández
4. Universidad de Barcelona	Dña. Montserrat Busquets Abio
5. Universidad de Córdoba	D. Emilio Fernández Reyes
6. Universidad de Extremadura	D. Rafael Blasco Plá
7. Universidad de Granada	Dña. María José Alejandre Perez
8. Universidad de Murcia	D. Pedro Lozano Rodríguez
9. Universidad de Navarra	Dña. María Iraburu
10. Universidad de Oviedo	D. Fernando Moreno Sanz
11. Universidad de Salamanca	D. Manuel Manso Martín
12. Universidad de Sevilla	D. Javier Moreno Onorato
13. Universidad de Valencia	Dña. Concepción Abad Mazarío D. Pedro Carrasco
14. Universidad de Zaragoza	D. Carlos Gómez-Moreno Calera
15. Universidad del País Vasco	D. Juan Luis Serra Ferrer
16. Universidad Islas Baleares	D. Francisco García Palmer Dña. Pilar Roca
17. Universidad Miguel Hernández	D. José Villalaín
18. Universidad Rovira i Virgili	Dña. Teresa Segués Piqué
19. Universidad de León	D. Félix Bustos Ortiz
20. Universidad de Vic	D. Jordi Planas i Cuchí