



## SOLICITUD DE APROBACIÓN DE TÍTULO DE MÁSTER

### 1. INFORMACIÓN GENERAL

#### a) Denominación

Máster Universitario en Bioinformática y Biología Computacional

#### b) Centro, Departamento o Instituto responsable

- Departamento de Bioquímica, Facultad de Medicina
- Departamento de Ingeniería Informática, Escuela Politécnica Superior
- Departamento de Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones, Escuela Politécnica Superior

#### c) Aprobación en Junta de Centro

En Madrid, a 23 de Septiembre de 2013

Decano de la Facultad Medicina

Fdo: Juan Antonio Vargas Núñez

En Madrid, a 01 de Octubre de 2013

Director Escuela Politécnica Superior

Fdo.: Javier Ortega García

**d) Relación con el plan estratégico de la Facultad/Escuela:**

*Justificación con respecto al número de titulaciones de Máster ofertadas, número de matriculados por titulación, etc.*

**Relación con el plan estratégico de la Facultad de Medicina**

Este Máster es coherente con varios de los objetivos que se elaboran en el borrador del plan estratégico de la Facultad de Medicina. Por ejemplo, en su línea estratégica 1, "Promoción de la excelencia docente a través de la innovación", dentro del punto 1.2 ("Potenciar el postgrado y doctorado de la Facultad de Medicina") se explicita "Ampliar la oferta de master (en Enfermería, Bioquímica y Nutrición)". Por otra parte, el punto 2.2 de dicho borrador se refiere a " Captar graduados de otros ámbitos vinculados a las ciencias de la salud (Biología, Farmacia, Enfermería,...)".

Por otro lado, este Máster tiene escaso solapamiento con los otros tres Másteres del Posgrado en Biociencias Moleculares, actualmente ofrecidos por el Dpto. de Bioquímica y el Dpto. de Biología Molecular (Facultad de Ciencias). Aunque parte del alumnado potencial es similar (graduados en Bioquímica, Biología, y Ciencias de la Salud), el contenido y objetivos del Máster son muy diferentes ya que el objetivo del Posgrado en Biociencias Moleculares no es formar bioinformáticos. El nuevo Máster propuesto es también claramente distinto en contenido, orientación y, probablemente, perfil de estudiante interesado del resto de los másteres impartidos por la Facultad de Medicina (Máster Universitario en Investigación Farmacológica, Máster Universitario en Métodos Cuantitativos de Investigación en Epidemiología y Máster Universitario en Neurociencia). Por último, tampoco existe solapamiento significativo con otros másteres ofertados por la UAM, en particular, el Máster en Biofísica, cuyo objetivo es enseñar los fundamentos físicos de procesos biológicos y las técnicas y metodologías físicas utilizadas para su estudio. El Dpto. de Bioquímica participa en el Máster en Biofísica en tres asignaturas.

Algunas asignaturas del nuevo Máster, sin embargo, serán comunes con las titulaciones anteriores, con objeto de hacer el uso más eficiente de los recursos docentes y fomentar sinergias entre los distintos centros de la UAM.

### **Relación con el plan estratégico de la Escuela Politécnica Superior:**

Este Máster es coherente con varios de los objetivos que se elaboran en el plan estratégico de la Escuela Politécnica Superior (EPS) aprobado en Junta de Centro de 14 de octubre de 2011.

Por otro lado, este Máster tiene escaso solapamiento con los otros dos Másteres Universitarios ofrecidos por la EPS actualmente (el Master Universitario en Investigación e Innovación en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, i2-TIC, y el Máster Universitario en Ingeniería Informática, ing.inf). Asimismo también tiene poco solapamiento con el Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel) que se pretende ofertar en el curso 2014-15 por la Escuela Politécnica Superior. La principal fuente de alumnos de estos tres másteres se centra en los estudiantes que terminan los Grados en Ingeniería Informática y en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación, ambos ofertados por la EPS. Se espera que este nuevo Máster no suponga una reducción importante de alumnos en los otros Másteres de la EPS, y sí en cambio, que sea capaz de atraer estudiantes de otras ramas de la Ingeniería, e incluso de otras Escuelas de Ingeniería en TIC de la Comunidad de Madrid y de otras comunidades autónomas. En este sentido es importante destacar que, la oferta de Másteres oficiales en Bioinformática es muy limitada en nuestro país (apartado 2b).

Los pequeños solapamientos que se han detectado entre el máster propuesto y los anteriores Másteres de la EPS se manejan eficientemente mediante la oferta de algunas asignaturas completas del Máster i2-TIC (algunas de ellas compartidas también con el Máster en Ingeniería Informática) en el Máster propuesto.

**e) Carácter del Máster:** *Académico, Investigador, Profesional, Profesión Regulada*

Investigador, Profesional y Académico.

**f) Datos del coordinador o de la coordinadora/responsable**

Apellidos y nombre: Díaz Uriarte, Ramón.....

Departamento: Bioquímica

Teléfono: 91 497 2412..... Fax: 91 497 2594y 91 585 4401..... E-mail:ramon.diaz@iib.uam.es.....

Apellidos y nombre: González Marcos, Ana María

Departamento: Ingeniería Informática

Teléfono:91 497 2234 Fax: 91 497 2235 E-mail: ana.marcos@uam.es

**g) Composición de la comisión de coordinación:**

Por parte de la Facultad de Medicina:

Vicedecana de Posgrado y Formación Continua.

Director Dpto. Bioquímica.

Coordinador de Posgrado Dpto. Bioquímica.

Coordinador del Máster por parte de la Facultad de Medicina.

Profesor Permanente del Dpto. Bioquímica.

Por parte de la Escuela Politécnica Superior:

Subdirector de Nuevas Enseñanzas y Posgrado.

Director Dpto. Ingeniería Informática.

Director Dpto. Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones

Coordinador del Máster por parte de la EPS

Profesor Permanente de la EPS.

**h) En caso de ser título conjunto entre varias universidades:**

**Indicar el documento que se adjunta para acreditar que todas ellas están al corriente de la iniciativa:**

**Relación de universidades que participan en la titulación:**

**Datos de la Universidad Coordinadora del Máster:**

Nombre de la Universidad  
Coordinadora.....

Representante legal (rector,  
vicerrector):.....

Coordinador del  
Máster:.....

Dirección de  
contacto:.....

Teléfono: ..... Fax: ..... E-  
mail.....



## 2. OBJETIVOS E INDICADORES DE CALIDAD DEL TÍTULO

### a) Exposición breve de los objetivos del título

Formar profesionales e investigadores en el ámbito de la bioinformática y la biología computacional para atender la demanda, tanto profesional como investigadora, en biología molecular, medicina traslacional, y biomedicina, donde el uso de las técnicas bioinformáticas es cada día más imprescindible ante el crecimiento en la generación de datos masivos procedentes de las nuevas tecnologías "ómicas" (genómica, proteómica, metabolómica, etc) y de secuenciación.

### b) Evidencia de la demanda social y potencial

*Evidencia del interés para la sociedad del título presentado, justificando su adecuación a demandas sociales concretas*

En los últimos 10 años se ha producido un crecimiento acelerado en las tecnologías "-ómicas" (genómica, proteómica, metabolómica, etc), así como de la secuenciación de genomas con técnicas de nueva generación. Estas tecnologías son el fundamento de avances muy rápidos tanto en la comprensión del funcionamiento de fenómenos biológicos en el contexto de problemas de investigación básica (por ej., regulación de expresión génica a nivel de genoma completo), como en el tratamiento de enfermedades (siendo, por ejemplo, la base de la "medicina personalizada").

El almacenamiento, procesamiento, análisis, e interpretación de estos datos requiere de profesionales con una formación interdisciplinar que incorpora biología molecular y computación. Dado el ritmo de crecimiento en el desarrollo de estas tecnologías, así como el creciente interés por la medicina personalizada como forma de abaratar y mejorar el

diagnóstico y el tratamiento en poblaciones que envejecen (i.e., con un incremento en la prevalencia de enfermedades como el cáncer, enfermedades neurodegenerativas, etc, que se conocen como "enfermedades genéticas complejas"), es previsible que la demanda por este tipo de profesionales vaya en aumento, tanto en investigación básica, como en investigación biomédica aplicada (y en ámbitos tanto públicos como privados). En este sentido, los servicios de genética médica hospitalarios, prevén el uso de técnicas de genómica como principal herramienta diagnóstica en el futuro inmediato y, como consecuencia, la necesidad de incorporar expertos en bioinformática a estos servicios hospitalarios (4º jornadas de Hospital Universitario La Paz “NGS en la práctica clínica”, 29 abril 2013).

La demanda social de estos profesionales se pone de manifiesto por la aparición de titulaciones de posgrado en este área en los últimos años. En el caso de la Comunidad de Madrid, el título propio de Máster en Bioinformática y Biología Computacional (inicialmente impartido en la Universidad Complutense de Madrid ---UCM--- y actualmente en el Instituto de Salud Carlos III ---ISCHIII) existe desde hace 10 años, con una tasa de ingreso de entre 16 y 22 alumnos por año. En otras comunidades autónomas existen también títulos similares, como por ejemplo el Máster Universitario en Bioinformática de la U. de Valencia, el Posgrado en Bioinformática y el Máster en Bioinformática y Bioestadística de la Universitat Oberta de Catalunya ---UOC---, el Máster en Bioinformática para Ciencias de la Salud de la Universidad Pompeu Fabra, el MSc in Bioinformatics for genomics and drug design de la Universidad Autónoma de Barcelona, y el MSc in Omics Data Analysis de la Universidad de Vic.

Pese a esta demanda, ninguna Universidad de la Comunidad de Madrid oferta un Título Oficial en esta disciplina.

### c) Calidad de la investigación

De los cuatro profesores del Dpto. de Bioquímica vinculados con este master, dos de ellos tienen reconocidos tres sexenios de investigación y los otros dos, dos sexenios de investigación (estos últimos tienen sus últimos sexenios evaluados en 2007 y 2008). Estos cuatro profesores son autores de más de 180 publicaciones *peer-reviewed* (con más de 30 centrados en el desarrollo e implementaciones de métodos en bioinformática y biología computacional, y más de 15 de naturaleza experimental que hacen uso intensivo de técnicas bioinformáticas) y han participado o participan en 65 proyectos de investigación con financiación competitiva (de los cuales, en más de 20 son Investigadores Principales), con financiación total superior a los 2,4 millones de euros.

La Escuela Politécnica Superior (EPS) de la Universidad Autónoma de Madrid cuenta con una plantilla docente e investigadora con reconocida calidad docente e investigadora. Se trata de un profesorado especialista constituido en grupos de investigación de referencia. La siguiente tabla muestra la plantilla de profesorado del Centro involucrada en esta titulación de Máster:

| <b>CATEGORIA</b>           | <b>Nº</b> | <b>%</b> | <b>% DOCTORES</b> |
|----------------------------|-----------|----------|-------------------|
| Catedrático de Universidad | 7         | 8,8      | 100               |
| Titular de Universidad     | 35        | 43,8     | 100               |
| Contratado Doctor          | 24        | 33,8     | 100               |
| Ayudante Doctor            | 13        | 13,8     | 100               |

La experiencia docente, investigadora y profesional de los profesores que componen la mencionada plantilla está ampliamente demostrada. Los profesores tienen amplia experiencia docente en el Máster en Ingeniería Informática y de Telecomunicación, que se impartía en la

EPS desde 2001, así como en el Máster en Investigación e Innovación en las TIC, impartido desde 2012. En lo referente a las titulaciones de ingeniería la EPS tiene experiencia en las titulaciones de Ingeniería Informática e Ingeniería de Telecomunicación. En el proceso de adaptación a los grados la EPS imparte el grado en Ingeniería Informática, el grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación (ITST) y el doble grado en Ingeniería Informática y Matemáticas.

Por otro lado, la experiencia investigadora queda avalada por los 87 sexenios de investigación reconocidos, su visibilidad internacional en proyectos y foros internacionales, y su participación en proyectos nacionales de investigación y contratos de transferencia tecnológica, con una financiación total superior a los 15 millones de euros en los últimos cinco años. En ese mismo período, el profesorado del máster ha llevado a cabo 19 proyectos europeos, 63 proyectos nacionales de investigación, y más de doscientos proyectos y contratos de transferencia.

Los profesores acreditan asimismo en este periodo amplia experiencia en la dirección de tesis doctorales y trabajos fin de máster (TFM). En concreto, en los últimos cinco años se han presentado 78 TFMs y 51 tesis doctorales (20 de ellas con mención europea) dirigidas por el personal de este Máster.

#### d) Calidad de las prácticas

Las prácticas y el TFM podrán realizarse con investigadores y profesores de los departamentos implicados en este Máster, así como en otros Departamentos y centros. A este fin, se han establecido contactos con investigadores de otros centros y Departamentos, incluyendo el Dpto. de Matemáticas de la UAM, el Centro Nacional de Biotecnología (CNB), el Instituto de Genética Médica y Molecular del Hospital Universitario La Paz (INGEMM), el Parque Científico de Madrid (PCM), y el Grupo de Biología Computacional del Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas (CNIO), de quienes se ha recibido contestación favorable para acoger a estudiantes del Máster.

En todos los casos, los grupos de investigación que acogerían estudiantes cuentan con los recursos de hardware y software para la realización de la parte computacional y bioinformática del trabajo y, en el caso de trabajos que impliquen trabajo de laboratorio, todos los laboratorios están equipados y condicionados como corresponde a laboratorios de biología molecular y bioquímica.

#### e) Internacionalización

*Presencia de estudiantes extranjeros y participación de profesores procedentes de universidades extranjeras*

La internacionalización del Máster es uno de nuestros objetivos fundamentales. Para ello planteamos varias estrategias:

- Captación de estudiantes extranjeros:

Para facilitar la incorporación de estudiantes extranjeros, todo el material docente estará en inglés. Además, aquellas asignaturas que cuenten con alumnos no castellanoparlantes se impartirán en inglés. Por último, en la medida que los recursos disponibles lo permitan, daremos difusión del Máster en el extranjero.

- Incorporación de profesores extranjeros:

Pretendemos acceder a los programas de movilidad para incorporar a docentes extranjeros a los másteres. También aprovecharemos visitas a la UAM de profesores/investigadores extranjeros para acomodar presentaciones en ciclos de seminarios de investigación a los que podrán asistir los alumnos de forma voluntaria.

### 3. ESTRUCTURA DEL PLAN DE ESTUDIOS

Rama de Conocimiento:

| <b>Tipo de materia</b>     | <b>Créditos<br/>que debe<br/>cursar el<br/>estudiante</b> | <b>Créditos<br/>ofertados</b> |
|----------------------------|---|-------------------------------|
| Obligatorias.....          | 39  | 39                            |
| Optativas.....             | 21  | 45                            |
| Prácticas externas.....    |   |                               |
| Trabajo Fin de Máster..... | 12  |                               |
| <b>Total.....</b>          | <b>72</b>   |                               |

## Módulos y asignaturas

| Modulo  | Asignatura  | ECTS | Cuatri-<br>mestre | Obligatoria (B),<br>Optativa(P) |
|---|---|------|-------------------|---------------------------------|
| <i>Biología Molecular para bioinformática</i>                   |   | 12   |                   |                                 |
|   | Métodos de biología molecular, celular y genética                     | 6    | 1                 | P <sup>1,2</sup>                |
|   | Técnicas experimentales de biología molecular                         | 6    | 1                 | P <sup>1,2</sup>                |
| <i>Sistemas Informáticos y Programación para bioinformática</i> |   | 12   |                   |                                 |
|   | Sistemas informáticos y sistemas operativos                           | 6    | 1                 | P <sup>1</sup>                  |
|   | Programación  | 6    | 1                 | P <sup>1</sup>                  |
|   |   |      |                   |                                 |
| <i>Bioinformática: métodos y conceptos fundamentales</i>        |   | 15   |                   |                                 |
|   | Bioinformática y biología sistemas: algoritmos y métodos estadísticos | 6    | 1                 | B <sup>3</sup>                  |



|  |   |    |   |                |
|--|---|----|---|----------------|
|  | básicos   |    |   |                |
|  | Genómica computacional  | 3  | 2 | B <sup>2</sup> |
|  | Métodos computacionales en análisis de secuencias y estructuras | 3  | 2 | B <sup>2</sup> |
|  | Biología de sistemas  | 3  | 2 | B <sup>2</sup> |
| <i>Computación y estadística para bioinformática</i> |   | 21 |   |                |
|  | Taller de programación  | 3  | 2 | B              |
|  | R y estadística para la bioinformática                          | 6  | 2 | B              |
|  | Aprendizaje automático  | 6  | 1 | B <sup>4</sup> |
|  | Cálculo intensivo y manejo de datos a gran escala               | 6  | 2 | B <sup>4</sup> |
| <i>Introducción a la investigación</i>               |   | 6  |   |                |
|  | Diseño y ejecución de proyectos de investigación                | 3  | 1 | B              |
|  | Dirección y Gestión de proyectos científicos y tecnológicos     | 3  | 2 | P <sup>4</sup> |

|                                    |   |    |   |                |
|------------------------------------|---|----|---|----------------|
|                                    |   |    |   |                |
| <i>Herramientas y aplicaciones</i> |   | 12 |   |                |
|                                    | Estadística avanzada para la bioinformática             | 3  | 2 | P              |
|                                    | Computación estadística avanzada para la bioinformática | 3  | 2 | P              |
|                                    | Caracterización de redes y topologías biológicas        | 6  | 2 | P <sup>4</sup> |
| <i>Trabajo fin de Master</i>       |   | 12 |   | B              |

1. Véase nota sobre itinerarios.

2. Asignaturas compartidas con el futuro Máster en Física de la Materia Condensada y Sistemas Biológicos (coordinado por los Dptos de Física de la Materia Condensada y Física Teórica de la Materia Condensada).

3. Asignatura compartida con los Másteres en Biomedicina Molecular, Biotecnología, y Biología Molecular y Celular (coordinado por los Dptos. de Bioquímica y Biología Molecular).

4. Asignatura compartida con el Máster Universitario en Investigación e Innovación en las TIC (i2-TIC)

**Indicar si existen itinerarios y el nº de créditos obligatorios por itinerario**

No existen itinerarios específicos. Sin embargo, por la propia idiosincrasia multidisciplinar del máster, los potenciales estudiantes de este máster se prevé que procedan de titulaciones muy diferentes (grados de ingeniería y de bioquímica, fundamentalmente). Por ello, al inicio del máster, en base a su formación previa de grado, los alumnos podrán cursar las asignaturas del bloque "Biología molecular para bioinformática", que constituyen un total de 12 ECTS o del bloque "Sistemas informáticos y programación para bioinformática", que suman también 12 ECTS.

En concreto:

- Los alumnos procedentes de grados de Ingeniería, Física, Química, o Matemáticas cursarán los 12 ECTS del módulo "Biología molecular para bioinformática".
- Los alumnos procedentes de grados en Bioquímica, Biología, y otros grados de ramas sanitarias (Medicina, Enfermería, etc) cursarán los 12 ECTS del módulo "Sistemas informáticos y programación para bioinformática".

Nótese que las asignaturas de estos módulos son asignaturas de máster, no complementos formativos (de grado), por dos razones:

1. No existen asignaturas apropiadas en los grados como complementos formativos.
  1. a. No existen asignaturas de grado (en el grado en Bioquímica) para que un estudiante con grado en ingeniería adquiera los conocimientos en biología molecular y celular necesarios para especializarse en bioinformática, incluyendo tanto la parte teórica como la experiencia de laboratorio.
  1. b. Las asignaturas de sistemas informáticos y de programación que se imparten en la EPS no son apropiadas para estudiantes con un grado en bioquímica, biología, o ciencias de la salud. Las asignaturas de Programación forman parte de una secuencia de 12 ECTS (Programación I y Programación II) y se imparten en lenguajes de programación distintos a los estándares en el entorno bioinformático. La asignatura de Sistemas Informáticos se imparte en el segundo curso del grado in ITST, y es por tanto de un nivel inaccesible para graduados en Bioquímica.
2. Los 12 ECTS del módulo "Biología molecular" ya existen, como asignaturas, en otro Máster (Biofísica), y por tanto no requieren la creación de nuevas asignaturas.

**Optatividad:**

El número total de ECTS optativos son 21, pero una vez tenidos en cuenta los 12 anteriores (aquellos definidos por el perfil de entrada del estudiante), el número de créditos optativos son 9, todos en el segundo cuatrimestre.

Por otro lado, gran parte de los créditos optativos y obligatorios ofertados provienen de otros Másteres que ya se están impartiendo y no son, por tanto, asignaturas nuevas (véanse notas 4, 5, y 6 de la tabla).

Finalmente, además de las asignaturas optativas explícitamente mencionadas arriba, los alumnos podrán escoger ECTS (hasta un máximo de 6) fuera de programa de otros Másteres impartidos por los Departamentos de Ingeniería Informática, Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones, y Bioquímica.

**Asignaturas y ECTS por cuatrimestre (excluyendo Trabajo Fin de Máster):**Primer cuatrimestre:

- Módulo "Biología Molecular para bioinformática" o "Sistemas Informáticos y Programación para bioinformática". 12 ECTS.
- Taller de programación. 3 ECTS. Obligatoria.
- Diseño y ejecución de proyectos de investigación. 3 ECTS. Obligatoria.
- Bioinformática y biología de sistemas: algoritmos y métodos estadísticos básicos. 6 ECTS. Obligatoria.
- Aprendizaje automático. 6 ECTS. Obligatoria.

Segundo cuatrimestre:

- Genómica computacional. 3 ECTS. Obligatoria.
- Métodos computacionales en análisis de secuencias y estructuras. 3 ECTS. Obligatoria.
- Biología de sistemas. 3 ECTS. Obligatoria.
- Cálculo intensivo y manejo de datos a gran escala. 6 ECTS. Obligatoria.
- R y estadística para la bioinformática. 6 ECTS. Obligatoria.
- Optativas. Un total de 9 ECTS a elegir entre:
  - Dirección y Gestión de proyectos científicos y tecnológicos (3 ECTS).
  - Estadística avanzada para bioinformática (3 ECTS).
  - Computación estadística avanzada para bioinformática (3 ECTS).
  - Caracterización de redes y topologías biológicas (6 ECTS).

**Propuesta de máster interuniversitario**

*Indicar la participación de la UAM en número de créditos*

**DESTINATARIO**

**COMISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**