

Curso

2019-2020

# Guía Docente del Máster en Física Biomédica



Facultad de Ciencias Físicas  
Universidad Complutense de Madrid

Versión 1.0 – 03/06/2019

Pendiente Aprobación Junta de Facultad

## Contenido

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Contenido</b> .....  | <b>1</b>  |
| <b>1. Introducción</b> .....  | <b>2</b>  |
| <b>2. Requisitos de Formación Previa y Vías de Acceso</b> .....     | <b>3</b>  |
| 2.1. Requisitos de Formación .....                                  | 3         |
| 2.2. Vías de Acceso .....   | 3         |
| <b>3. Estructura del Plan de Estudios</b> .....                     | <b>4</b>  |
| 3.1. Estructura general .....                                       | 4         |
| 3.2. Módulos y Materias.....  | 4         |
| 3.3. Asignaturas .....  | 6         |
| 3.4. Competencias .....   | 7         |
| <b>4. Fichas de las Asignaturas</b> .....                           | <b>10</b> |
| 4.1. Asignaturas Obligatorias.....                                  | 10        |
| Física Biológica .....  | 10        |
| Instrumentación Biomédica .....                                     | 13        |
| Procesado de Señales .....  | 16        |
| Radiofísica .....   | 19        |
| 4.2. Asignaturas optativas .....                                    | 22        |
| Biofísica Celular y Molecular .....                                 | 22        |
| Resonancia Magnética Nuclear, Ultrasonidos e Imagen Molecular ..... | 25        |
| Elementos de Anatomía y Fisiología .....                            | 28        |
| Física del Radiodiagnóstico .....                                   | 32        |
| Física de la Radioterapia .....                                     | 35        |
| 4.3. Trabajo Fin de Máster .....                                    | 38        |
| Trabajo Fin de Máster .....   | 38        |
| <b>5. Cuadros Horarios</b> .....                                    | <b>40</b> |
| 5.1. Horarios del Primer Semestre .....                             | 40        |
| 5.2. Horarios del Segundo Semestre .....                            | 41        |
| <b>6. Calendario Académico</b> .....                                | <b>42</b> |
| • <b>Control de cambios</b> .....                                   | <b>44</b> |

# 1. Introducción

El objetivo fundamental del Máster en Física Biomédica es proporcionar una comprensión de las aplicaciones de la Física a las Ciencias Biomédicas aportando la formación básica necesaria para desarrollar una carrera profesional, investigadora o académica en este campo.

Por un lado, la Biofísica ha demostrado un enorme potencial para la comprensión de los mecanismos biológicos básicos, desde la estructura del ADN al funcionamiento de las neuronas. Hoy día no se concibe el avance de las Ciencias Biológicas sin el conocimiento detallado tanto de los mecanismos moleculares como de los procesos físicos que los interconectan. La nueva Física Biológica combina este conocimiento fundamental en una descripción cuantitativa de los procesos biológicos, en muchos casos posible gracias al uso de nuevas técnicas experimentales.

Por otro lado, la Física Médica ha permitido avances espectaculares en la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades. Baste citar como ejemplos el desarrollo de métodos de análisis fisiológicos utilizando marcadores radiactivos, las nuevas técnicas de imagen como la resonancia magnética (RM), la tomografía de coherencia óptica (OCT), la tomografía computarizada de rayos X (TC) y por emisión de positrones (PET), las técnicas de medida y análisis de señales bioeléctricas (ECG, EEG, MEG) o la utilización de aceleradores lineales y fuentes radiactivas en radioterapia. La Biología y la Medicina actuales no se entienden sin el concurso de las técnicas físicas, tanto experimentales como de modelización teórica y numérica.

En este Máster todos los alumnos adquirirán como mínimo los fundamentos de la Biofísica, los procesos de interacción de las radiaciones ionizantes con la materia y los mecanismos físicos y métodos de análisis de señales en los que se basan los dispositivos que actualmente se emplean en las Ciencias Biomédicas. El máster contiene además asignaturas optativas que le permitirán al alumno profundizar en la Radiofísica y sus aplicaciones a la Medicina, las técnicas avanzadas de Instrumentación Biomédica o la Biofísica.

Las materias de Radiofísica proporcionan la formación necesaria para su posterior capacitación como especialista en Radiofísica Hospitalaria o para su trabajo en aquellas empresas que requieren de expertos en el manejo y gestión de fuentes radiactivas. La Instrumentación Biomédica permitirá desarrollar una actividad profesional en empresas que se dedican al diseño, gestión y comercialización de una numerosa variedad de instrumentos biomédicos basados, tanto en radiaciones ionizantes (rayos X, rayos gamma, aceleradores lineales, PET, SPECT, etc.) como no ionizantes. Finalmente, la Biofísica dotará del perfil profesional adecuado para empresas de biotecnología, empresas médicas y laboratorios farmacéuticos.

Este máster tienen además el objetivo de cubrir un importante vacío en la formación de investigadores en estos campos, en los que existe una notable demanda, tanto desde las instituciones públicas (centros de investigación, hospitales, etc.) como desde las empresas.

El Máster de Física Biomédica va dirigido a:

- Graduados y Licenciados en Física, Química, Biología, Bioquímica o materias afines que tienen interés en desarrollar una carrera investigadora en el campo interdisciplinar de la Biofísica.
- Graduados o Licenciados en Física e Ingenieros interesados en la Instrumentación Biomédica ya sea dirigida a la investigación o a la empresa.

- Graduados o Licenciados en Física o materias afines interesados en desarrollar una carrera profesional hospitalaria relacionada con el título europeo de *Medical Physics Expert* o bien una carrera investigadora encaminada a buscar nuevas aplicaciones de la Física en la Medicina
- Graduados o Licenciados en Ciencias de la Salud u otras titulaciones, con una formación científico-técnica suficiente, que quieran integrar en su perfil conocimientos de las técnicas físicas usadas en la práctica clínica e investigación médica.

## 2. Requisitos de Formación Previa y Vías de Acceso

### 2.1. Requisitos de Formación

Para acceder al Máster en Física Biomédica será necesario estar en posesión de un título universitario oficial de Grado o Licenciatura expedido por una institución perteneciente al Espacio Europeo de Educación Superior que faculte en el país expedidor para el acceso a enseñanzas de Postgrado. Dicho título universitario deberá serlo en Física o disciplinas científicas relacionadas con los objetivos del Master, como Ciencias Biológicas y Químicas, Medicina, Farmacia, Informática e Ingenierías.

### 2.2. Vías de Acceso

Las vías prioritarias de acceso son Licenciado o Graduado en Física, Biología, Química, Bioquímica, Medicina, así como Ingeniero Electrónico o de Software.

En el caso de otras disciplinas, la Comisión Coordinadora del Máster evaluará la necesidad de cursar Complementos Formativos para aquellos alumnos con algunas carencias en conocimientos básicos de acuerdo a las competencias adquiridas en su titulación de acceso. Los complementos de formación requeridos no podrán superar 18 ECTS y consistirán en algunas de las asignaturas del Grado en Física de entre las que se enumeran a continuación y que son impartidas por la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid:

- Termodinámica
- Electromagnetismo
- Óptica
- Estructura de la materia
- Biología
- Bioquímica general

Los alumnos cursarán los complementos formativos en las mismas condiciones que los alumnos de Grado las correspondientes asignaturas, por lo que los contenidos, actividades formativas, sistemas de evaluación, etc. de estos complementos formativos serán los mismos que los de las correspondientes asignaturas de Grado.

Las fichas de las asignaturas están disponibles en las guías docentes del Grado en Física ([fisicas.ucm.es/guiasdocentes](http://fisicas.ucm.es/guiasdocentes)) y Grado en Bioquímica ([quimicas.ucm.es/guias-docentes-del-grado-en-bioquimica](http://quimicas.ucm.es/guias-docentes-del-grado-en-bioquimica)).

Para **más información sobre el Máster en Física Biomédica consultar en:**

[www.ucm.es/masterfisicabiomedica/](http://www.ucm.es/masterfisicabiomedica/)  
[www.ucm.es/estudios/master-fisicabiomedica](http://www.ucm.es/estudios/master-fisicabiomedica)

Toda la información sobre reconocimiento de créditos se encuentra en el enlace: [fisicas.ucm.es/secretaria-de-estudiantes](http://fisicas.ucm.es/secretaria-de-estudiantes)

### 3. Estructura del Plan de Estudios

#### 3.1. Estructura general

El Plan de Estudios está estructurado en módulos (unidades organizativas que incluyen una o varias materias), materias (unidades disciplinares que incluyen una o varias asignaturas) y asignaturas.

El Máster en Física Biomédica se organiza a lo largo de en un curso académico, desglosado en 2 semestres. Cada semestre tiene 30 créditos ECTS para el estudiante (1 ECTS equivale a 25 horas de trabajo del estudiante).

Para completar los estudios de este máster, el alumno tendrá que cursar 60 créditos ECTS que se distribuyen del siguiente modo: 24 ECTS correspondientes a 4 asignaturas obligatorias del Módulo de Formación Básica, 12 ECTS del Trabajo Fin de Máster que es de carácter obligatorio y 4 asignaturas optativas (24 ECTS) dentro de una amplia oferta distribuida en tres módulos de Formación Especializada. La siguiente tabla muestra la estructura general del plan de estudios, indicando la distribución de créditos necesaria para completar el máster:

#### Carácter de los créditos a cursar y distribución a lo largo del curso:

| Módulo                  | Materia                    | oferta (ECTS) |          | a cursar (ECTS) |          |
|-------------------------|----------------------------|---------------|----------|-----------------|----------|
|                         |                            | cuatr. 1      | cuatr. 2 | cuatr. 1        | cuatr. 2 |
| Formación Básica        | Fundamentos de Biofísica   | 6             |          | 6               |          |
|                         | Instrumentación Biomédica  | 12            |          | 12              |          |
|                         | Fundamentos de Radiofísica | 6             |          | 6               |          |
| Formación Especializada | Biofísica                  | 6             | 18       | 24              |          |
|                         | Instrumentación Biomédica  | -             | 18       |                 |          |
|                         | Radiofísica                | 6             | 12       |                 |          |
| Trabajo Fin de Máster   | Trabajo Fin de Máster      | 12            |          | 12              |          |
| <b>TOTAL (ECTS)</b>     |                            | <b>96</b>     |          | <b>60</b>       |          |

obligatorios

optativos

a cursar

#### 3.2. Módulos y Materias

A continuación se describe brevemente el contenido de los diferentes módulos del Máster y su organización en Materias:

**Módulo de Formación Básica:** Las tres materias de este módulo son obligatorias y proporcionan la formación necesaria para poder cursar cualquiera de las materias del modulo de formación especializada. Por ser de carácter fundamental, todas estas materias se cursarán en el primer cuatrimestre.

Con la materia Fundamentos de Biofísica el alumno adquirirá un conocimiento preciso de la estructura de los sistemas biológicos entendiendo claramente el carácter interdisciplinar

que requiere el estudio de los seres vivos así como la no linealidad y el funcionamiento cooperativo de los fenómenos biológicos.

La materia Fundamentos de Instrumentación Biomédica proporcionará al alumno destreza en el uso de las herramientas matemáticas utilizadas en instrumentación biomédica, le permitirá comprender las técnicas de procesamiento de señales y aplicar los fundamentos de las medidas eléctricas y de los equipos más empleados en la instrumentación biomédica.

Finalmente, con la materia Fundamentos de Radiofísica el alumno consolidará sus conocimientos previos sobre la interacción de la radiación ionizantes con la materia, podrá entender la fenomenología del paso de partículas ionizantes en medios materiales, las bases de la dosimetría de radiaciones, los efectos sobre las células y seres vivos y los principios de la protección radiológica.

**Módulo de Formación Especializada:** El alumno tiene que cursar un total de 24 ECTS entre una oferta de 60 ECTS de materias optativas<sup>1</sup>. Aunque no existen formalmente especialidades, cada una de las materias, de acuerdo con su denominación, incluye contenidos de áreas específicas de la Física Biomédica. El alumno podrá elegir libremente entre las asignaturas que conformarán estas materias.

La materia de Biofísica incide más profundamente en campos como la biofísica molecular, las biomembranas, la termodinámica de los sistemas biológicos, los efectos de las radiaciones no ionizantes en los seres vivos, etc.

Por otro lado, la materia Instrumentación Biomédica profundiza en las medidas bioeléctricas, el papel de la óptica en las Ciencias Biomédicas, abordando los problemas de la imagen médica y la resonancia magnética y los ultrasonidos en Medicina.

La materia especializada de Radiofísica proporcionará al alumno los conocimientos necesarios para entender en profundidad las bases físicas de la radioterapia, de la medicina nuclear y del radiodiagnóstico. Además tendrá contacto directo con las técnicas que se usan a diario en hospitales.

Estas tres materias especializadas son optativas de tal modo que el alumno cursará asignaturas correspondientes a estas materias de acuerdo a sus intereses y sus expectativas profesionales futuras. La mayor parte de las asignaturas correspondientes a estas materias se cursarán en el segundo cuatrimestre. Aunque el alumno puede elegir libremente la distribución temporal de asignaturas, se recomienda cursar 30 ECTS (24 obligatorios y 6 optativos) en el primer cuatrimestre. De tal modo que en el segundo cuatrimestre solo tendrá que cursar 18 ECTS de materias optativas, pudiendo dedicar tiempo suficiente al Trabajo Fin de Master. Sin embargo, puesto que el Trabajo Fin de Máster es de carácter anual, la distribución temporal puede también ajustarse a 24 ECTS obligatorios en el primer cuatrimestre y 24 ECTS optativos en el segundo cuatrimestre. Esta opción es adecuada siempre que el alumno inicie su Trabajo Fin de Máster desde el comienzo del curso y que desee cursar las asignaturas optativas ofertadas en el primer cuatrimestre, que serán aquellas menos dependientes de las materias de Formación Básica.

**Módulo de Trabajo Fin de Máster:** Tiene una carga de 12 ECTS y una duración anual. Durante el primer cuatrimestre el alumno tomará un primer contacto con el tema de trabajo (búsqueda de bibliografía, antecedentes, interés y aplicaciones, etc.). El trabajo será realizado durante el segundo cuatrimestre, una vez que haya adquirido los conocimientos básicos necesarios para abordarlo de manera eficiente.

---

<sup>1</sup> La oferta de asignaturas optativas puede variar cada curso académico. En la tabla de las asignaturas que se muestra más adelante se indican las que serán impartidas este curso.

Cada curso académico se realizará una oferta amplia de Trabajos Fin de Master dentro de los tres campos interrelacionados que abarcan estos estudios: Biofísica, Instrumentación Biomédica y Radiofísica.

Los trabajos podrán ser de diferente naturaleza. Por un lado, algunos serán de **perfil estrictamente investigador**, y serán realizados bien dentro de alguno de los departamentos universitarios participantes en el Máster, bien en uno de los centros de investigación con los que tenemos estrecho contacto o mediante una tutela compartida entre ambos (Universidad - Centro de Investigación). Se ofertarán también **trabajos de carácter aplicado** que se realizará en colaboración con empresas con las que los departamentos participantes en este Máster mantienen relaciones de colaboración. Finalmente otros trabajos tendrán un perfil directamente relacionado con la Radiofísica Hospitalaria y serán realizados en colaboración con algunos servicios de hospitales con los que existen colaboraciones. De este modo aunque este Máster no oferta ninguna asignatura de *Prácticas en Empresa*, ofreceremos a los alumnos que lo deseen la posibilidad de adquirir esta experiencia.

### 3.3. Asignaturas

El Módulo de Formación Básica consta de cuatro asignaturas obligatorias que se imparten en el Primer Cuatrimestre. Las asignaturas optativas del Módulo de Formación Especializada se encuentran mayoritariamente concentradas en el Segundo Cuatrimestre. No obstante, para compensar la distribución de créditos a lo largo del curso, la oferta de optatividad contempla una asignatura de este tipo en el Primer Cuatrimestre.

El alumno deberá elegir las 4 asignaturas optativas de entre la oferta formativa completa, aunque dichas asignaturas pertenezcan a diferentes materias. En la siguiente tabla se relacionan las asignaturas ofertadas este curso, los departamentos que las imparten, su ubicación temporal y la distribución de los créditos presenciales entre clases de teoría, problemas y sesiones de laboratorio.

| Código   | Asignatura  | Cuatrim. | ECTS | Dept.               | Horas presenciales |        |
|--|---|----------|------|---------------------|--------------------|--------|
|  |   |          |      |                     | Teoría*            | Labor. |
| <b>FORMACION BÁSICA - ASIGNATURAS OBLIGATORIAS</b>     |   |          |      |                     |                    |        |
| 606778   | Física Biológica  | 1        | 6    | EMFTEL              | 45                 | -      |
| 606779   | Instrumentación Biomédica                                     | 1        | 6    | OPT<br>RRF          | 25                 | 20     |
| 606780   | Procesado de Señales  | 1        | 6    | DACYA<br>OPT        | 30                 | 15     |
| 606781   | Radiofísica   | 1        | 6    | EMFTEL<br>RRF       | 38                 | 7      |
| 606782   | Trabajo Fin de Máster   | Anual    | 12   | TODOS               |                    |        |
| <b>FORMACION ESPECIALIZADA - ASIGNATURAS OPTATIVAS</b> |   |          |      |                     |                    |        |
| 606783   | Biofísica Celular y Molecular                                 | 2        | 6    | EMFTEL<br>BBM<br>QF | 35                 | 10     |
| 606789   | Resonancia Magnética Nuclear, Ultrasonidos e Imagen Molecular | 2        | 6    | QCF                 | 34                 | 11     |
| 606790   | Elementos de Anatomía y Fisiología                            | 1        | 6    | FIS<br>AEH          | 37                 | 8      |
| 606791   | Física del Radiodiagnóstico                                   | 2        | 6    | EMFTEL<br>RRF       | 35                 | 10     |
| 606792   | Física de la Radioterapia                                     | 2        | 6    | RRF                 | 35                 | 10     |

\*Incluye Clases de Problemas y Seminarios.

**Códigos de Departamento:** EMFTEL: Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica; OPT: Óptica; RRF: Radiología, Rehabilitación y Fisioterapia (Fac. de Medicina); DACYA: Arquitectura de Computadores y Automática; QF: Química Física (Fac. CC. Químicas); BBM: Bioquímica y Biología Molecular (Fac. CC. Biológicas); QCF: Química en Ciencias Farmacéuticas (Fac. Farmacia); FIS: Fisiología (Fac. de Medicina); AEH: Anatomía y Embriología (Fac. de Medicina).

### 3.4. Competencias

Competencias generales, transversales y específicas que los estudiantes adquieren durante sus estudios del Máster de Física Biomédica.

#### Competencias Básicas

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### Competencias Generales

CG1 - Adquirir conocimientos avanzados en el campo de la Física Biomédica y comprender de forma detallada y fundamentada los aspectos teóricos, prácticos y metodología de trabajo de este campo a nivel de investigación y tecnología especializada.

CG2 - Saber integrar herramientas avanzadas teóricas, experimentales y de simulación numérica y aplicarlas en entornos nuevos.

CG3 - Saber combinar conocimientos especializados de Física, Biología e Instrumentación y dirigirlos a la resolución de problemas nuevos o aún abiertos y a la creación de nuevas técnicas, productos y servicios.

CG4 - Ser capaz de iniciar y desarrollar proyectos de investigación originales y de innovación tecnológica en el campo de la Física Biomédica y en entornos multidisciplinares relacionados.

CG5 - Saber transmitir los fundamentos y desarrollos técnicos y científicos del campo de la Física biomédica, tanto a nivel fundamental como de instrumentación, a todo tipo de público.

CG6 - Conocer de forma precisa las fronteras del conocimiento en el campo de estudio, los problemas abiertos y las oportunidades profesionales que se le presentan.

CG7 - Asumir la responsabilidad de su propio desarrollo profesional y de su especialización en los campos de estudio del máster u otros relacionados.

### Competencias Transversales

CT1 - Desarrollar un pensamiento y un razonamiento crítico, la capacidad de análisis y de síntesis y el pensamiento científico y sistémico.

CT2 - Trabajar de forma autónoma y saber desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.

CT3 - Gestionar el tiempo y los recursos disponibles. Trabajar de forma organizada.

CT4 - Capacidad para prevenir y solucionar problemas, adaptándose a situaciones imprevistas y tomando decisiones propias.

CT5 - Capacidad para trabajar en entornos complejos o inciertos y con recursos limitados.

CT6 - Evaluar de forma crítica el trabajo realizado.

CT7 - Capacidad para trabajar cooperativamente asumiendo y respetando el rol de los diversos miembros del equipo, así como los distintos niveles de dependencia del mismo.

CT8 - Adaptarse a entornos multidisciplinares e internacionales.

CT9 - Comunicar eficientemente de forma oral y/o escrita conocimientos, resultados y habilidades, tanto en entornos profesionales como ante públicos no expertos.

CT10 - Hacer un uso eficiente de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en la comunicación y transmisión de ideas y resultados.

### Competencias Específicas

CE1 - Comprender los procesos y sistemas biológicos en términos de primeros principios y saber integrar y aplicar estos conocimientos en entornos nuevos de carácter multidisciplinar tanto de investigación como profesionales altamente especializados.

CE2 - Adquirir conocimientos avanzados en un contexto de investigación científica de los principios organizativos y estructurales de los sistemas biológicos.

CE3 - Comprender las interacciones macromoleculares y ensamblajes relevantes en los sistemas biológicos.

CE4 - Capacidad para desarrollar modelos teóricos avanzados que interpreten y/o describan procesos biológicos y sistemas biofísicos.

CE5 - Dominar la Instrumentación y los métodos biofísicos avanzados

CE6 - Comprender los procesos de interacción de radiaciones no ionizantes con sistemas biológicos

CE7 - Comprender los principios en los que se sustenta la instrumentación biomédica y aplicarlos al diseño de instrumentación avanzada en un entorno de investigación o profesional..

CE8 - Adquirir los conocimientos necesarios para evaluar las capacidades de la instrumentación biomédica avanzada y su aplicabilidad en entornos científicos o altamente especializados.

CE9 - Adquirir la capacidad para analizar señales biomédicas con técnicas avanzadas.

CE10 - Comprender las técnicas avanzadas de procesamiento de señales

CE11 - Adquirir la capacidad para diseñar sistemas avanzados de análisis de señales biomédicas.

CE12 - Alcanzar destreza en el uso de sistemas de análisis de señales en entornos altamente especializados en el área biomédica

CE13 - Adquirir conocimientos avanzados de los procesos de interacción de las radiaciones ionizantes con la materia y ser capaz de aplicarlos en entornos de investigación y/o clínicos.

CE14 - Dominar las técnicas experimentales avanzadas para la medida de la dosis de radiaciones ionizantes y su aplicación en el área de la Radiofísica Hospitalaria.

CE15 - Aplicar las técnicas de Monte Carlo para la determinación de la dosis de radiaciones ionizantes.

CE16 - Capacidad para determinar y evaluar, en un contexto multidisciplinar, los efectos de las radiaciones ionizantes sobre los tejidos biológicos.

## 4. Fichas de las Asignaturas

A continuación se adjuntan las fichas de las asignaturas organizadas por Módulos y Materias.

### 4.1. Asignaturas Obligatorias

|                                |                          |                |                  |                  |        |
|--------------------------------|--------------------------|----------------|------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Física Biológica</b>  |                |                  | <b>Código</b>    | 606778 |
| <b>Materia:</b>                | Fundamentos de Biofísica | <b>Módulo:</b> | Formación Básica |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Obligatorio              | <b>Curso:</b>  | 1º               | <b>Semestre:</b> | 1º     |

|                           | Total | Teóricos<br>Problemas<br>Seminarios | Prácticas/Laboratorio |
|---------------------------|-------|-------------------------------------|-----------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 6                                   | -                     |
| <b>Horas presenciales</b> | 45    | 45                                  | -                     |

|                                      |                           |       |               |              |        |
|--------------------------------------|---------------------------|-------|---------------|--------------|--------|
| <b>Profesor/a<br/>Coordinador/a:</b> | Sagrario Muñoz San Martín |       |               | <b>Dpto:</b> | EMFTEL |
|                                      | <b>Despacho:</b>          | 112.0 | <b>e-mail</b> | smsm@ucm.es  |        |

| Teoría/Problemas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |                 |                              |  |       |        |
|---|------|-----------------|------------------------------|--|-------|--------|
| Aula  | Día  | Horario         | Profesor                     | Periodo/<br>Fechas                         | Horas | Dpto.  |
| 16  | L, J | 11:00-<br>12:30 | Sagrario Muñoz San Martín    | 07/10/19 - 16/12/19                        | 30    | EMFTEL |
|   |      |                 | María del Carmen García Payo | 05/09/19 - 03/10/19<br>12/12/19 - 16/12/19 | 15    | EMFTEL |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |   |                |   |
|--|---|----------------|---|
| Profesor                                     | Horarios(*)                                     | e-mail         | Lugar                                     |
| Sagrario Muñoz San Martín                    | X: 11:00 – 12:30<br>V: 10:00 – 12:30 (2 no pr.) | smsm@ucm.es    | Despacho 112.0,<br>3ª Planta, Módulo Este |
| María del Carmen García Payo                 | X: 11:30 – 13:00<br>V: 11:30 – 14:00 (2 no pr.) | mcgpayo@ucm.es | Despacho 115.0,<br>1ª Planta, Módulo Este |

\*presenciales, que se complementan hasta cubrir el mínimo de 6 horas semanales por medios electrónicos (e-mail, CV, etc.)

| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>  |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Adquirir un conocimiento preciso de la estructura de los sistemas biológicos desde el punto de vista de la física y desde el triple plano: molecular, celular y de sistemas.</li> <li>- Dominar las leyes y conceptos físicos necesarios para comprender las principales características de los seres vivos.</li> <li>- Entender la no linealidad y el funcionamiento cooperativo de los fenómenos biológicos.</li> <li>- Estar preparado para abordar los métodos y modelos físicos y matemáticos para el estudio de los fenómenos biológicos.</li> </ul>   |
| <b>Competencias</b>   |
| CB6-10, CG1-7, CT1-4, CT6-7, CT9-10, CE1-6  |
| <b>Resumen</b>  |
| Interacciones, conformación y motilidad en biomoléculas. Principios de la Termodinámica. Termoquímica. Fluctuaciones y mecánica estadística básica. Difusión: teorías microscópica y macroscópica. Neurobiofísica. Redes neuronales. Modelos de autoorganización en la evolución prebiótica   |
| <b>Conocimientos previos necesarios</b>   |
| Conocimientos previos: Conocimientos básicos de Física y Química  |
| <b>Programa de la asignatura</b>  |
| <p>Tema 1. Orbitales atómicos. Orbitales moleculares. Enlaces. Energía interatómica. Estructura de las biomoléculas. Ácidos nucleicos. Proteínas.</p> <p>Tema 2. Principios de la Termodinámica. Concepto de entropía. Potenciales termodinámicos. Equilibrio y estabilidad. Plegamiento de proteínas: Hipótesis termodinámica y dogma de Anfinsen. Termodinámica del No Equilibrio. Estructuras disipativas.</p> <p>Tema 3. Movimiento browniano. Difusión. Permeabilidad de membranas. Potencial de Nernst. Ratchets brownianos. Modelo físico de las máquinas moleculares. Ejemplos de motores moleculares.</p> <p>Tema 4. Carbohidratos, lípidos. Transporte en la membrana, ecuación GHK. Bomba de sodio-potasio, circuito equivalente de la membrana.</p> <p>Tema 5. Morfología y funcionamiento de las neuronas. Definición de potencial de acción, teoría del cable, modelo de conductancia de la membrana. Axones sin y con mielina. Dinámica no lineal, umbral de disparo. Contracción muscular, actividad eléctrica cardíaca.</p> <p>Tema 6. Hemoglobina, modelo alostérico. Enzimas, cinética enzimática e inhibición, rutas metabólicas. Metabolismo aeróbico. Generación del ATP.</p> <p>Tema 7. Química prebiótica. Reactores de evolución. Replicación con y sin error de copia. Cuasi-especie y cola de error. Crisis de información. Hiperciclos.</p> |

| <b>Bibliografía</b>   |              |     |
|---|--------------|-----|
| <u><b>Básica</b></u>  |              |     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- R. Villar, C. López y F. Cussó. <i>Fundamentos Físicos de los Procesos Biológicos</i>. Volumen 3. Ed. Club Universitario, 2013.</li> <li>- J. L. Tymoczko, J. M. Berg y L. Stryer. <i>Bioquímica. Curso básico</i>. Ed. Reverté, 2014.</li> <li>- D. Jou Mirabent, J. E. LLebot Rabagliati, C. Pérez García. <i>Física para ciencias de la vida</i>. Mc Graw Hill, 2009.</li> <li>- R. Cotterill. <i>Biophysics. An Introduction</i>. Wiley, 2003.</li> <li>´R. Glaser. <i>Biophysics</i>. Springer, 1999.</li> <li>- J. Vázquez. <i>Biofísica. Principios fundamentales</i>. Eypasa, 1993.</li> </ul> |              |     |
| <u><b>Complementaria</b></u>  |              |     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- D.C. Giancoli. <i>Física. Principios con aplicaciones</i>. Pearson, 2006.</li> <li>- M. Alonso y E.J. Finn. <i>Física</i>. Pearson, 2000.</li> <li>- D. L. Nelson, M. M. Cox. <i>Lehninger Principios de Bioquímica</i>. Ed. Omega, 2001.</li> </ul>   |              |     |
| <b>Recursos en internet</b>   |              |     |
| La asignatura está dada de alta en el Campus Virtual.   |              |     |
| <b>Metodología</b>  |              |     |
| <p>Exposición de los temas por el profesor.</p> <p>Clase de problemas al final de cada tema, con participación de los alumnos.</p> <p>Exposición de los trabajos monográficos en la parte final del curso.</p>  |              |     |
| <b>Evaluación</b>   |              |     |
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 60% |
| Examen final teórico-práctico   |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 40% |
| <p>Trabajo monográfico con exposición oral (30%)</p> <p>Otras actividades que podrán incluir entrega de problemas, participación en clase, etc. (10%)</p>   |              |     |
| <b>Calificación final</b>   |              |     |
| <p>La calificación final será <math>N_{Final} = 0.6N_{Examen} + 0.4N_{OtrasActiv}</math>, donde <math>N_{Examen}</math> y <math>N_{OtrasActiv}</math> son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores. Es imprescindible aprobar el examen final (<math>N_{Examen} \geq 5.0</math>) para superar la asignatura.</p>   |              |     |

|                                |  |                |                  |                  |        |
|--------------------------------|--|----------------|------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Instrumentación Biomédica</b>         |                |                  | <b>Código</b>    | 606779 |
| <b>Materia:</b>                | Fundamentos de Instrumentación Biomédica | <b>Módulo:</b> | Formación Básica |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Obligatorio                              | <b>Curso:</b>  | 1º               | <b>Semestre:</b> | 1º     |

|                           | Total | Teóricos<br>Seminarios | Prácticas/Laboratorio |
|---------------------------|-------|------------------------|-----------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4.9                    | 1.1                   |
| <b>Horas presenciales</b> | 45    | 25                     | 20                    |

|                                      |                  |        |               |                    |        |
|--------------------------------------|------------------|--------|---------------|--------------------|--------|
| <b>Profesor/a<br/>Coordinador/a:</b> | Tatiana Alieva   |        |               | <b>Dpto:</b>       | Óptica |
|                                      | <b>Despacho:</b> | O1-D10 | <b>e-mail</b> | talieva@fis.ucm.es |        |

| Teoría - Detalle de horarios y profesorado |     |               |                     |                     |       |        |
|--|-----|---------------|---------------------|---------------------|-------|--------|
| Aula                                       | Día | Horario       | Profesor            | Periodo/<br>Fechas  | Horas | Dpto.  |
| 16   | L   | 15:00 – 17:00 | Margarita Chevalier | 05/09/19 – 03/10/19 | 13    | RRF    |
|  | J   | 15:00-16:00   | Tatiana Alieva      | 07/10/19 – 31/10/19 | 12    | ÓPTICA |

| Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |                            |                       |                     |       |        |
|--|----------------------------|-----------------------|---------------------|-------|--------|
| Grupo  | Lugar                      | Sesiones <sup>1</sup> | Profesor            | Horas | Dpto.  |
| A1   | Fac. Medicina <sup>2</sup> | durante el período    | Margarita Chevalier | 9     | RRF    |
|  | Lab. de Óptica             |                       | Tatiana Alieva      | 11    | ÓPTICA |
| A2   | Fac. Medicina <sup>2</sup> | 04/11/19 - 16/12/19   | Margarita Chevalier | 9     | RRF    |
|  | Lab. de Óptica             |                       | Tatiana Alieva      | 11    | ÓPTICA |

<sup>1</sup>Las sesiones de laboratorio son de tres horas (las fechas se determinarán después de formar los grupos).

<sup>2</sup>Algunas sesiones prácticas se harán en sesiones conjuntas con las de la asignatura de Elementos de Anatomía y Fisiología en las fechas que se determinen a principio de curso junto.

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                                |  |   |
|--|--------------------------------|--|---|
| Profesor                                     | Horarios                       | e-mail   | Lugar   |
| M. Chevalier                                 | M 16:00-19:00<br>J 17:00-20:00 | <a href="mailto:chevalie@ucm.es">chevalie@ucm.es</a> | Física Médica. Facultad de Medicina. Pab. II. 4ª Planta |
| Tatiana Alieva                               | X 12:00-15:00<br>J 16:30-19:30 | <a href="mailto:talieva@ucm.es">talieva@ucm.es</a>   | CC. Físicas O1-D10                                      |

| Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)  |
|--|
| Adquirir destreza en el uso de las herramientas matemáticas utilizadas en instrumentación biomédica. Dominar los fundamentos de las medidas eléctricas. Aprender los fundamentos |

|  |
|--|
| de los equipos básicos de instrumentación biomédica.   |
| <b>Competencias</b>  |
| CB7, CB9-10, CG1-7, CT1-4, CT6-10, CE7-9, CE-11-12   |
| <b>Resumen</b>   |
| Dispositivos electrónicos y ópticos aplicados en biomedicina. Sensores y transductores de señal. Dispositivos de diagnóstico, terapia y rehabilitación.  |
| <b>Conocimientos previos necesarios</b>  |
| Física General y Técnicas de Cálculo (diferenciación, integración y estadística).  |
| <b>Programa de la asignatura</b>   |
| <p><u>Teoría</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Características de las señales biomédicas. Fundamentos físicos de distintos tipos de sensores y transductores de señales biomédicas. Parámetros característicos de los sistemas de instrumentación biomédica. Principales aplicaciones: Presión arterial; Temperatura; Ritmo cardiaco; Flujo sanguíneo; Velocidad de la sangre. Parámetros bioeléctricos (ECG, EMG, EEG).</li> <li>• Instrumentación aplicada a formación de imagen en biomedicina. Resumen de teoría de microscopía óptica. Imagen cuantitativa. Técnicas especiales: Microscopía por contraste de fase; Microscopía confocal; Microscopía por fluorescencia; Microscopía no lineal; Ptycografía. Métodos interferométricos y holografía digital. Apertura sintética y superresolución. Iluminación estructurada. Tomografía de coherencia óptica.</li> <li>• Instrumentación aplicada al análisis bioquímico de muestras biomédicas. Resumen de teoría de espectroscopia óptica. Tipos de espectrómetros. Espectros de muestras biomédicas. Técnicas espectroscópicas aplicadas a biomedicina.</li> </ul> <p><u>Laboratorio de medidas de señales fisiológicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adquisición, análisis y procesamiento de señales bioeléctricas: EEC, EMG y Pulsómetro.</li> </ul> <p><u>Laboratorio de microscopía óptica, holografía digital y espectroscopia</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adquisición de imágenes en microscopio de transmisión usando diferentes técnicas y su análisis.</li> <li>• Formación y reconstrucción de imagen holográfica <i>in-line</i> de objetos 2D y 3D.</li> <li>• Construcción y caracterización de un espectrómetro de red.</li> <li>• Medidas de espectros de absorción, transmisión y fluorescencia y su análisis.</li> </ul> |

|  |
|--|
| <b>Bibliografía</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• D. A. Boas, C. Pitris and N. Ramanujan, Handbook of biomedical optics, CRC Press, NY (2011)</li> <li>• T. S. Tkaczyk, Field Guide to Microscopy, eISBN: 9780819478917, DOI: 10.1117/3.798239 (2010)</li> <li>• R.S. Khandpur, Handbook of Medical instruments, TMH, New Delhi (2003).</li> <li>• Webster, JG Medical instrumentation: application and design. John Wiley &amp; Sons, Inc., (2010).</li> </ul> |

| Recursos en internet   |              |     |
|--|--------------|-----|
| Campus virtual de la UCM<br>Biblioteca de la UCM (Libros en formato digital)<br>Enlaces a las páginas web relacionadas con el temario de la asignatura<br>Artículos de revisión publicados en revistas   |              |     |
| Metodología  |              |     |
| - Clases teóricas: a) Exposición magistral con apoyo de diapositivas. b) Discusión de ejercicios y/o lecturas programadas<br>- Laboratorio: Realización de experimentos en grupos reducidos. Elaboración de un cuaderno de laboratorio en el que se reflejen los objetivos, metodología y resultados de los experimentos realizados.<br>Estas actividades se complementarán con visitas y/o seminarios relacionados con los contenidos de la asignatura. |              |     |
| Evaluación   |              |     |
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 40% |
| Examen final.  |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 60% |
| Entrega de ejercicios resueltos: 10%. Informes de los experimentos en el laboratorio : 20%.<br>Trabajos prácticos individuales (en forma de artículo) basados en los resultados obtenidos en el laboratorio: 30%.  |              |     |
| Calificación final   |              |     |
| La calificación final será $N_{Final} = 0.4 \times N_{Exámen} + 0.6 \times N_{OtrasActiv}$   |              |     |

|                                |  |                |                  |                  |        |
|--------------------------------|--|----------------|------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Procesado de Señales</b>              |                |                  | <b>Código</b>    | 606780 |
| <b>Materia:</b>                | Fundamentos de Instrumentación Biomédica | <b>Módulo:</b> | Formación Básica |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Obligatorio                              | <b>Curso:</b>  | 1º               | <b>Semestre:</b> | 1º     |

|                           | Total | Teóricos<br>Seminarios | Prácticas/Laboratorio |
|---------------------------|-------|------------------------|-----------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 5.1                    | 0.9                   |
| <b>Horas presenciales</b> | 45    | 30                     | 15                    |

|                                  |                  |        |               |  |        |
|----------------------------------|------------------|--------|---------------|--|--------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Tatiana Alieva   |        |               | <b>Dpto:</b>   | Óptica |
|                                  | <b>Despacho:</b> | O1-D10 | <b>e-mail</b> | <a href="mailto:talieva@fis.ucm.es">talieva@fis.ucm.es</a> |        |

| Teoría - Detalle de horarios y profesorado |      |             |                      |                     |       |        |
|--|------|-------------|----------------------|---------------------|-------|--------|
| Aula                                       | Día  | Horario     | Profesor             | Periodo/<br>Fechas  | Horas | Dpto.  |
| 16   | L, J | 12:30-14:00 | Tatiana Alieva       | 05/09/19 – 10/10/19 | 16.5  | Óptica |
|  |      |             | José M. Girón Sierra | 28/10/19 – 16/12/19 | 13.5  | DACyA  |

| Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |                                 |  |                         |       |        |
|--|---------------------------------|--|-------------------------|-------|--------|
| Grupo  | Lugar                           | Sesiones                                 | Profesor                | Horas | Dpto.  |
| A1   | Lab. Óptica <sup>1</sup>        | 14/10/19- 24/10/19                       | Tatiana Alieva          | 6     | Óptica |
| A2   | Lab. Óptica <sup>1</sup>        | 14/10/19- 24/10/19                       | Tatiana Alieva          | 6     | Óptica |
| A <sup>2</sup>   | Lab. Sistemas digitales (DACYA) | 07/11, 14/11, 21/11, 28/11, 05/12, 12/12 | José María Girón Sierra | 9     | DACYA  |

<sup>1</sup>Las sesiones de laboratorio son de tres horas (las fechas se determinarán después de formar los grupos).

<sup>2</sup>No se desdobra.

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                                |  |                |
|--|--------------------------------|--|----------------|
| Profesor                                     | Horarios(*)                    | e-mail   | Lugar          |
| Tatiana Alieva                               | X 12:00-15:00<br>J 16:30-19:30 | <a href="mailto:talieva@fis.ucm.es">talieva@fis.ucm.es</a>     | O1-D10         |
| José María Girón Sierra                      | X 10:00-12:00<br>V 10:00-14:00 | <a href="mailto:gironsi@dacya.ucm.es">gironsi@dacya.ucm.es</a> | 2ª Planta, 228 |

\*presenciales que se complementan hasta cubrir el mínimo de 6 horas semanales por medios electrónicos (e-mail, CV, etc.)

| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>   |
|--|
| Entender y aplicar las técnicas de filtrado y análisis de señales multidimensionales. Obtener los conocimientos básicos de informática relativos al ámbito de estudio. Desarrollar la capacidad para analizar, evaluar y sintetizar algoritmos de tratamiento de señales e imágenes.   |
| <b>Competencias</b>  |
| CB7, CB9-10, CG1-7, CT1-4, CT6-10, CE9-12  |
| <b>Resumen</b>   |
| Herramientas avanzadas para el procesado de señales. Espectrogramas. Análisis multidimensional. Representaciones en el espacio de fases. Métodos tomográficos de reconstrucción. Caracterización de sistemas lineales: función de transferencia de modulación, respuesta impulsional y métodos de medida. Tipos de ruido y sus características estadísticas. Procesos de Markov. Técnicas de reducción del ruido. Filtros óptimos: Wiener, Kalman, Bayes.  |
| <b>Conocimientos previos necesarios</b>  |
| Es aconsejable tener conocimientos de Óptica, Estadística, Programación.   |
| <b>Programa de la asignatura</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipos de señales biomédicas y su descripción.</li> <li>• Transformada de Fourier y sus propiedades.</li> <li>• Convolución y correlación. Teorema de muestreo.</li> <li>• Sistemas lineales y su caracterización.</li> <li>• Sistemas de formación de imagen en biomedicina.</li> <li>• Principios de tomografía. Transformada de Radon.</li> <li>• Procesos aleatorios</li> <li>• Filtrado de señales biomédicas unidimensionales.</li> <li>• Tratamiento de imágenes biomédicas</li> <li>• Análisis de señales no estacionarias.</li> <li>• Análisis basado en componentes.</li> </ul> <p><u>Laboratorios:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Laboratorio de caracterización de un sistema de formación de imagen.</li> <li>2. Laboratorio de procesado óptico de la información: Efecto Talbot; Sistemas ópticos para análisis de Fourier; Filtrado óptico de frecuencias espaciales; Iluminación coherente e incoherente.</li> <li>3. Laboratorios de procesado digital de señales basado en ordenadores y MATLAB.       <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Análisis básico de señales biomédicos (ECG, EEG). FFT, FFT-shift. Filtros digitales</li> <li>b) Reconstrucción tomográfica.</li> <li>c) Aspectos de estadística y señales aleatorias</li> <li>d) Ejemplos de filtrado de señales</li> <li>e) Tratamiento de imagen (Programa: Image J)</li> <li>f) Ejemplos de análisis de señales no estacionarias</li> <li>g) Ejemplos de análisis PCA e ICA</li> </ol> </li> </ol> |

| <b>Bibliografía</b>   |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Básica</b>   |              |     |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. W. van Dronghen, <i>Signal Processing for Neuroscientists: Introduction to the Analysis of Physiological Signals</i>, Academic Press, (2007).</li> <li>2. P. Suetens, <i>Fundamentals of Medical Imaging</i>, Cambridge University Press (2013).</li> <li>3. J. M. Giron-Sierra, <i>Digital Signal Processing with Matlab Examples</i>, Springer, (2017).</li> <li>4. J. W. Goodman, <i>Introduction to Fourier Optics</i>, Third Edition, Roberts &amp; Company, Englewood, (2005).</li> <li>5. J.G. Proakis, D.G. Manolakis, <i>Digital Signal Processing</i>, Prentice Hall, (2006).</li> <li>6. J. W. Hoboken, <i>Digital signal processing using MATLAB for students and researchers</i>, NJ, Wiley, (2011).</li> <li>7. J. F. James, <i>A Student`s Guide to Fourier Transforms</i>, Cambridge University Press, (2002).</li> </ol> |              |     |
| <b>Complementaria</b>   |              |     |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>8. S. Qian, <i>Introduction to Time-Frequency and Wavelet Transform</i>, Prentice Hall, (2001).</li> <li>9. O. K. Ersoy, <i>Diffraction, Fourier Optics, and Imaging</i>, Wiley Interscience, NJ, USA, (2007).</li> <li>10. A.V. Oppenheim, A.S. Willsky, <i>Signals and Systems</i>, Prentice Hall, (1996).</li> <li>11. P.J. Durka, <i>Time-Frequency Analysis of Biomedical Signals</i>, Artech House, (2007).</li> <li>12. H. H. Barrett, K. J. Myers, <i>Foundations of Image Science</i>, Wiley-Interscience, USA (2004).</li> <li>13. W. Birkfellner: <i>Applied Medical Image Processing: A Basic Course</i>. CRC Press. (2010).</li> <li>14. C.W. Gardiner, <i>Handbook of Stochastic methods, for Physics, Chemistry and the Natural Sciences</i>. 2nd Ed. Springer (1985).</li> </ol>   |              |     |
| <b>Recursos en internet</b>   |              |     |
| Campus virtual. Enlaces a portales universitarios de procesamiento de señales e imágenes.   |              |     |
| <b>Metodología</b>  |              |     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Clases de teoría</li> <li>- Clases prácticas (problemas y laboratorios).</li> <li>- Tutorías, en las que se discutirán y resolverán dudas de forma personalizada o en pequeños grupos.</li> </ul>  |              |     |
| <b>Evaluación</b>   |              |     |
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 40% |
| Examen final  |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 60% |
| Ejercicios entregables: 10%.  |              |     |
| Informes de los experimentos en el laboratorio: 20%.  |              |     |
| Trabajos prácticos individuales basados en los resultados obtenidos en el laboratorio: 30%.   |              |     |
| <b>Calificación final</b>   |              |     |
| La calificación final será la media ponderada de la calificación obtenida en el examen y la calificación obtenida en las otras actividades evaluables (ejercicios, entregables y memorias de laboratorio).  |              |     |

|                                |                            |                |                  |                  |        |
|--------------------------------|----------------------------|----------------|------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Radiofísica</b>         |                |                  | <b>Código</b>    | 606781 |
| <b>Materia:</b>                | Fundamentos de Radiofísica | <b>Módulo:</b> | Formación Básica |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Obligatorio                | <b>Curso:</b>  | 1º               | <b>Semestre:</b> | 1º     |

|                           | Total | Teóricos<br>Seminarios | Prácticas/Laboratorio |
|---------------------------|-------|------------------------|-----------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 5.6                    | 0.4                   |
| <b>Horas presenciales</b> | 45    | 38                     | 7                     |

|                                      |                            |                |               |  |        |
|--------------------------------------|----------------------------|----------------|---------------|--|--------|
| <b>Profesor/a<br/>Coordinador/a:</b> | Fernando Arqueros Martínez |                |               | <b>Dpto:</b>   | EMFTEL |
|                                      | <b>Despacho:</b>           | 223, 3ª planta | <b>e-mail</b> | <a href="mailto:arqueros@gae.ucm.es">arqueros@gae.ucm.es</a> |        |

| Teoría - Detalle de horarios y profesorado |      |            |                            |                     |       |                     |
|--|------|------------|----------------------------|---------------------|-------|---------------------|
| Aula                                       | Día  | Horario    | Profesor                   | Periodo/<br>Fechas  | Horas | Dpto.               |
| 16   | L, J | 9:30-11:00 | Fernando Arqueros Martínez | 05/09/19 – 04/11/19 | 28    | EMFTEL              |
|  |      |            | Diego García Pinto         | 07/11/19 – 16/12/19 | 10    | RRF (Fac. Medicina) |

| Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |                  |                                     |                    |       |        |
|--|------------------|-------------------------------------|--------------------|-------|--------|
| Grupo  | Lugar            | Sesiones                            | Profesor           | Horas | Dpto.  |
| A1   | Hospital Clínico | dos en fecha y horario a determinar | Fernando Arqueros  | 1     | EMFTEL |
|  |                  |                                     | Roberto M. Sánchez | 6     | RRF    |
| A2   | Hospital Clínico | dos en fecha y horario a determinar | Fernando Arqueros  | 1     | EMFTEL |
|  |                  |                                     | Roberto M. Sánchez | 6     | RRF    |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                 |  |                     |
|--|-----------------|--|---------------------|
| Profesor                                     | Horarios(*)     | e-mail   | Lugar               |
| F. Arqueros Martínez                         | M,J 16:30-18:00 | <a href="mailto:arqueros@ucm.es">arqueros@ucm.es</a>   | Desp. 223 3ª planta |
| Diego García Pinto                           | L,J 13:00-14:00 | <a href="mailto:garcia.pinto@med.ucm.es">garcia.pinto@med.ucm.es</a>                                 | Fac. Medicina       |
| Roberto M. Sánchez Casanueva                 | X 13:00-15:00   | <a href="mailto:robertomariano.sanchez@salud.madrid.org">robertomariano.sanchez@salud.madrid.org</a> | Fac. Medicina       |

\*presenciales, que se complementan, hasta cubrir el mínimo de 6 horas semanales, por medios electrónicos (e-mail, CV, etc.)

| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>   |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Consolidar los conocimientos previos relativos a los procesos de interacción de partículas ionizantes con la materia.</li> <li>- Entender la fenomenología del paso de partículas ionizantes en la materia.</li> <li>- Entender las bases de la dosimetría de radiaciones ionizantes.</li> <li>- Entender y aplicar los métodos para calcular y para medir la dosis absorbida.</li> <li>- Entender los efectos de la radiación ionizante sobre las células y los seres vivos.</li> <li>- Conocer los principios de la protección radiológica y la legislación vigente.</li> </ul>   |
| <b>Competencias</b>  |
| CB6, CB8, CG1-7, CT2, CT6, CT10, CE13-16   |
| <b>Resumen</b>   |
| <p>Procesos de interacción de partículas cargadas y fotones con la materia a nivel avanzado. Interacción de neutrones con la materia. Magnitudes y unidades dosimétricas. Principios de dosimetría. La cavidad de Bragg-Gray. Equilibrio electrónico. Cámaras de ionización. Dosimetría de neutrones. Otras técnicas dosimétricas. Determinación de la dosis por técnicas de Monte Carlo.</p>  |
| <b>Conocimientos previos necesarios</b>  |
| <p>En principio los conocimientos previos necesarios son los correspondientes a los impartidos en Licenciatura o Grado de algunas de las titulaciones de acceso (Física, Química, Biología, Bioquímica, Farmacia, Medicina, Ingeniería). No obstante es recomendable para un mejor aprovechamiento haber cursado con antelación algún curso básico de interacción de radiaciones ionizantes con la materia.</p>  |
| <b>Programa de la asignatura</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interacción de fotones de alta energía con la materia. Coeficientes de atenuación, de transferencia y de absorción.</li> <li>• Interacción de partículas cargadas con la materia. Poder de frenado y poder de frenado restringido. Alcance. Retro-dispersión.</li> <li>• Magnitudes dosimétricas. Principios de dosimetría de radiaciones ionizantes. Equilibrio electrónico. La cavidad de Bragg-Gray. Efecto de interfases. Cámaras de ionización.</li> <li>• Técnicas de cálculo de dosis. El método de Monte Carlo.</li> <li>• Protección radiológica general.</li> <li>• Radiobiología.</li> <li>• Legislación.</li> <li>• Detectores y dosímetros. Dosimetría a pacientes.</li> <li>• Diseño de instalaciones. Blindajes.</li> </ul> <p><b><u>Prácticas:</u></b> el calendario se comunicará oportunamente:</p> <p><u>Facultad de CC. Físicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Práctica de computación: Simulación del paso de radiación ionizante en medios materiales de interés biomédico. Cálculo de la dosis depositada por un haz de fotones de 1 MeV en un cilindro de agua. Dosis en profundidad y perfiles laterales.</li> </ul> <p><u>Facultad de Medicina (Hospital Clínico)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Control de calidad y Dosimetría en radiodiagnóstico y radioterapia.</li> <li>- Protección radiológica operacional y cálculo de blindajes.</li> </ul> |

| Bibliografía   |       |     |
|--|-------|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- H.E. Johns and J.R. Cunningham, <i>The Physics of Radiology</i>. Charles C. Thomas Press, 1983.</li> <li>- James E. Turner, <i>Atoms, Radiation, and Radiation Protection</i>. Wiley 2007.</li> <li>- F.H. Attix. <i>Introduction to Radiological Physics and Radiation Protection</i>. Wiley 2004.</li> <li>- SEFM. <i>Fundamentos de Física Médica. Volumen 1. Medida de la radiación</i>. Editor A. Brosed. Ed. ADI, 2011.</li> <li>- SEFM. <i>Fundamentos de Física Médica. Volumen 2. Radiodiagnóstico: bases físicas, equipos y control de calidad</i>. Editor P. Ruiz Manzano. Ed. ADI, 2012.</li> </ul> |       |     |
| Recursos en internet   |       |     |
| <p>Campus Virtual. Se facilitarán recursos de apoyo para entender los procesos de interacción de las radiaciones ionizantes y las técnicas de dosimetría.</p>  |       |     |
| Metodología  |       |     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Clases teóricas con ayuda de medios audiovisuales en las que se explicarán los conceptos teóricos de la materia.</li> <li>- Clases de problemas en las que se resolverán ejercicios numéricos previamente propuestos.</li> <li>- Laboratorio de computación en donde el alumno aprenderá las técnicas para el cálculo dosimétrico.</li> <li>- Visitas a hospital en donde el alumno conocerá el trabajo que los Radiofísicos realizan en los hospitales.</li> <li>- Laboratorio en donde el alumno aprenderá a manejar y calibrar dosímetros y se familiarizará con las aplicaciones clínicas.</li> </ul>       |       |     |
| Evaluación   |       |     |
| Realización de exámenes  | Peso: | 70% |
| <p>Los exámenes tendrán una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase) o desarrollo de temas cortos. Para la realización de la parte de problemas se podrán consultar libros y material docente de clase.</p>   |       |     |
| Otras actividades de evaluación  | Peso: | 30% |
| <p>Se ofertarán actividades puntuables. Estas podrán incluir actividades de evaluación continua o de otro tipo, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realización de prácticas de laboratorio.</li> <li>- Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso de forma individual o en grupo.</li> <li>- Participación en clases, seminarios y tutorías.</li> <li>- Presentación, oral o por escrito, de trabajos.</li> </ul>  |       |     |
| Calificación final   |       |     |
| <p>La calificación final será <math>N_{Final}=0.7N_{Examen}+0.3N_{OtrasActiv}</math>, donde <math>N_{Examen}</math> y <math>N_{OtrasActiv}</math> son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.</p>   |       |     |

## 4.2. Asignaturas optativas

|                                |                                      |                |                         |                  |        |
|--------------------------------|--------------------------------------|----------------|-------------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Biofísica Celular y Molecular</b> |                |                         | <b>Código</b>    | 606783 |
| <b>Materia:</b>                | Biofísica                            | <b>Módulo:</b> | Formación Especializada |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                             | <b>Curso:</b>  | 1º                      | <b>Semestre:</b> | 2º     |

|                           | Total | Teóricos | Prácticas | Laboratorio |
|---------------------------|-------|----------|-----------|-------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.5      | 2.0       | 0.5         |
| <b>Horas presenciales</b> | 45    | 21       | 15        | 9           |

|                                  |                        |        |               |  |    |
|----------------------------------|------------------------|--------|---------------|--|----|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Francisco Monroy Muñoz |        |               | <b>Dpto:</b>                                     | QF |
|                                  | <b>Despacho:</b>       | QA-259 | <b>e-mail</b> | <a href="mailto:monroy@ucm.es">monroy@ucm.es</a> |    |

| Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado |     |               |                         |          |          |       |
|--|-----|---------------|-------------------------|----------|----------|-------|
| Aula   | Día | Horario       | Profesor                | Periodo  | Horas    | Dpto. |
| 16   | L   | 11:00 – 12:30 | Francisco Monroy Muñoz  | 27/01/20 | 16.5     | QF    |
|  | J   |               | Francisco J. Cao García |          | 14/05/20 | 4.5   |
|  |     |               | Antonio Cruz Rodríguez  |          | 15       | BBM   |

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |                  |                         |                  |       |        |
|--|------------------|-------------------------|------------------|-------|--------|
| Grupo  | Lugar            | Sesiones                | Profesor         | Horas | Dpto.  |
| A  | laboratorios UCM | en horario a determinar | Francisco Monroy | 3     | QF     |
|  |                  |                         | Antonio Cruz     | 3     | BBM    |
|  |                  |                         | Francisco J. Cao | 3     | EMFTEL |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                  |  |  |
|--|------------------|--|--|
| Profesor                                     | Horarios         | e-mail   | Lugar  |
| Francisco Monroy Muñoz                       | L,X,V 10-12h     | <a href="mailto:monroy@ucm.es">monroy@ucm.es</a>           | Dpto. Química Física. Facultad de Química. Despacho QB232. 2ª Planta.          |
| Francisco J. Cao                             | M,J,V: 9-10h (*) | <a href="mailto:francao@fis.ucm.es">francao@fis.ucm.es</a> | Pasillo frente a 216. 3ª Planta. Fac. Físicas                                  |
| Antonio Cruz Rodríguez                       | L,X,V 10-12h     | <a href="mailto:acruz@quim.ucm.es">acruz@quim.ucm.es</a>   | Dpto. Bioquímica y Biología Molecular. Facultad de Biología. Anexo. 1ª Planta. |

\*presenciales, que se complementan hasta cubrir el mínimo de 6 horas semanales por medios electrónicos (e-mail, CV, etc.)

| Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entender la estructura, organización y dinámica biomoleculares, en competencia y aprovechamiento de las fluctuaciones térmicas.</li> <li>- Comprender la estructura y fenómenos dinámicos en las membranas biológicas.</li> <li>- Aprender técnicas teóricas, experimentales y de simulación numérica para el análisis estructural de macromoléculas y sistemas.</li> <li>- Aplicar todos estos conocimientos al desarrollo del área interdisciplinar de la Biología Física.</li> </ul>  |
| Competencias  |
| CB6-10, CG1-7, CT1-4, CT6 -10, CE1-5  |
| Resumen   |
| Principios organizativos de la célula: Estructura celular y biología molecular de la célula. Ciclo celular. Interacciones de la célula con su entorno. Estructura y función de biomembranas. Estructura y función de macromoléculas biológicas. Ensamblajes macromoleculares y función celular. Efectos biológicos de la radiación.   |
| Conocimientos previos necesarios  |
| Para cursar esta asignatura no se requieren conocimientos específicos previos adicionales.  |
| Programa de la asignatura   |
| <p>Tema 1. Estructura celular: Evolución de la célula. Tipos de células. Compartimentos y separadores. Mecanismos básicos. Componentes moleculares.</p> <p>Tema 2. Biología molecular de la célula: Macromoléculas, estructura, forma e información. Ensamblajes macromoleculares. Mecanismos genéticos. Síntesis proteica. Epigenética. Metabolismo. Transporte pasivo y activo. Motores moleculares.</p> <p>Tema 3. Estructura y función de biomembranas: Modelos de membrana, estructura y dinámica. Proteínas de membrana. Membranas celulares, tipos y función. Córtex celular y pared celular. Endocitosis y exocitosis.</p> <p>Tema 4. Ciclo celular: Conversión energética: cloroplastos y mitocondrias. Estructura y dinámica celular. Dinámica del citoesqueleto. Crecimiento y división celular.</p> <p>Tema 5. Interacciones de la célula con su entorno: Adhesión celular. Matriz extracelular. Movimiento celular. Señales intercelulares.</p> <p><b>Laboratorio / Seminario</b></p> <p><i>Seminario 1: ¿Cómo se estudian las células?</i></p> <p><i>Seminario 2: ¿Cómo se estructura el ADN, ARN y las proteínas?</i></p> <p><i>Seminario 3: ¿Cómo se puede manipular el ADN, el ARN y las proteínas?</i></p> <p><i>Seminario 4: ¿Cómo se estudian los motores moleculares?</i></p> <p><i>Seminario 5: ¿Cómo se estudian las biomembranas?</i></p> |
| Bibliografía  |
| <p><i>Básica</i></p> <p>R. Phillips, J. Kondev, J. Theriot. <i>Physical Biology of the Cell</i>. Garland Science, 2008.</p> <p>K. Dill, S. Bromberg. <i>Molecular Driving Forces: Statistical Thermodynamics in Biology, Chemistry, Physics, and Nanoscience</i>. Garland Science, 2010.</p> <p><i>Complementaria</i></p>   |

|  |              |     |
|--|--------------|-----|
| <p>D. Boal. <i>Mechanics of the Cell</i>. Cambridge University Press, 2012.<br/>                 J. Howard. <i>Mechanics of Motor Proteins and the Cytoskeleton</i>. Sinauer, 2005.<br/>                 K.E. Van Holde, W.C. Johnson, P.S. Ho. <i>Principles of Physical Biochemistry</i>.<br/>                 Prentice Hall, 2005.<br/>                 J.N. Israelachvili. <i>Intermolecular and Surface Forces</i>, Academic Press, 2011.</p>   |              |     |
| <b>Recursos en internet</b>  |              |     |
| <p>La asignatura está dada de alta en el Campus Virtual de la UCM.</p>   |              |     |
| <b>Metodología</b>   |              |     |
| <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Clases teóricas donde se explicarán las herramientas y conceptos básicos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones.</li> <li>- Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas.</li> <li>- Visitas a laboratorios.</li> </ul> <p>En las lecciones y en las clases prácticas se utilizarán la pizarra y proyecciones con ordenador. Estas actividades se verán complementadas por prácticas virtuales y simulaciones por ordenador.</p> |              |     |
| <b>Evaluación</b>  |              |     |
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 60% |
| <p>Examen escrito y/o oral consistente en una presentación sobre un tema relacionado con la asignatura.</p>  |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 40% |
| <p>Ejercicios entregables y memorias de laboratorio.</p>   |              |     |
| <b>Calificación final</b>  |              |     |
| <p>La calificación final será la media ponderada de la calificación obtenida en el examen y la calificación obtenida en las otras actividades evaluables (ejercicios entregables y memorias de laboratorio).</p>   |              |     |

|                                |  |                |                         |                  |        |
|--------------------------------|--|----------------|-------------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Resonancia Magnética Nuclear, Ultrasonidos e Imagen Molecular</b> |                |                         | <b>Código</b>    | 606789 |
| <b>Materia:</b>                | Instrumentación Biomédica  | <b>Módulo:</b> | Formación Especializada |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo   | <b>Curso:</b>  | 1º                      | <b>Semestre:</b> | 2º     |

|                           | Total | Teóricos<br>Seminarios | Prácticas/Laboratorio |
|---------------------------|-------|------------------------|-----------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 5.4                    | 0.6                   |
| <b>Horas presenciales</b> | 45    | 34.5                   | 10.5                  |

|                                      |                                       |                                      |               |  |
|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------|--|
| <b>Profesor/a<br/>Coordinador/a:</b> | Ignacio Rodríguez Ramírez de Arellano |                                      | <b>Dpto:</b>  | QCF  |
|                                      | <b>Despacho:</b>                      | P21, 1ª Planta,<br>Facultad Farmacia | <b>e-mail</b> | <a href="mailto:ignrodri@ucm.es">ignrodri@ucm.es</a> |

| Teoría - Detalle de horarios y profesorado |     |             |                                       |                                       |       |       |
|--|-----|-------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------|-------|
| Aula                                       | Día | Horario     | Profesor                              | Periodo/<br>Fechas                    | Horas | Dpto. |
| 16   | L   | 12:30-14:00 | Paz Sevilla Sierra                    | Se alternarán a lo largo del semestre | 7.5   | QCF   |
|  |     |             | Mª Concepción Civera Tejuca           |                                       | 10.5  |       |
|  | J   |             | Ignacio Rodríguez Ramírez de Arellano |                                       | 16    |       |

| Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |                      |                                |                                       |       |       |
|--|----------------------|--------------------------------|---------------------------------------|-------|-------|
| Grupo  | Lugar                | Sesiones                       | Profesor                              | Horas | Dpto. |
| A1   | Facultad de Farmacia | 8 sesiones en horario de clase | Ignacio Rodríguez Ramírez de Arellano | 11    | QCF   |
| A2   |                      |                                | Mª Concepción Civera Tejuca           | 11    | QCF   |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                    |  |                               |
|--|--------------------|--|-------------------------------|
| Profesor                                     | Horarios*          | e-mail   | Lugar                         |
| Paz Sevilla Sierra                           | M, J 10:30 – 13:30 | <a href="mailto:paz@ucm.es">paz@ucm.es</a>           | Desp. 116, 1ªPlanta, Farmacia |
| Mª Concepción                                | M, J 11:30 – 14:30 | <a href="mailto:mccivera@ucm.es">mccivera@ucm.es</a> | P22, 1ªPlanta, F. Farmacia    |
| Ignacio Rodríguez                            | M,X,V 11:30–13:30  | <a href="mailto:ignrodri@ucm.es">ignrodri@ucm.es</a> | P21, 1ªPlanta, F. Farmacia    |

| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>   |
|--|
| Proporcionar al alumno el conocimiento de importantes técnicas de espectroscopia e imagen: la microscopía óptica, la Resonancia Magnética Nuclear (RMN), los ultrasonidos y la imagen molecular.   |
| <b>Competencias</b>  |
| CB6-10, CG1-7, CT1-3, CT5-6, CT8-9, CE6-7, CE9-12  |
| <b>Resumen</b>   |
| Bases físicas de la RMN. Espectroscopia e imagen por RMN. Instrumentación para RMN. Metabolismo y morfología por RMN. Fundamentos físicos de ultrasonidos. Dispositivos piezoeléctricos. Técnicas de pulso-eco. Ecografía 2D, 3D, 4D y Doppler. Bases físicas de la espectroscopia amplificada por superficies metálicas. El efecto Raman y su aplicación en microscopia. Microscopia SERS y su aplicación biomédica.  |
| <b>Conocimientos previos necesarios</b>  |
| No se requieren conocimientos específicos previos adicionales.   |
| <b>Programa de la asignatura</b>   |
| <p><u>Teoría</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bases físicas de la RMN.</li> <li>• Espectroscopia por RMN y genómica estructural.</li> <li>• Imagen por RMN.</li> <li>• Instrumentación para RMN.</li> <li>• Metabolismo por RMN.</li> <li>• Morfología por RMN.</li> <li>• Fundamentos físicos de ultrasonidos.</li> <li>• Dispositivos piezoeléctricos.</li> <li>• Técnicas de pulso-eco. Modos A, B y M.</li> <li>• Ecografía 2D, 3D y, 4D.</li> <li>• Ecografía Doppler.</li> <li>• El efecto Raman y su aplicación en microscopia.</li> <li>• Bases físicas de la espectroscopia amplificada por superficies metálicas.</li> <li>• Raman y SERS y su aplicación biomédica.</li> </ul> <p><u>Prácticas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medida de perfusión en ratones (RMN).</li> <li>• Determinación de relación señal / ruido en imagen (RMN).</li> <li>• Metabonomía por espectroscopia de RMN.</li> <li>• Medida de relaxividades de agentes de contraste (RMN).</li> <li>• Ecografía ultrasónica. Modo M y B.</li> <li>• Asignación de espectros (RMN).</li> <li>• Búsqueda en bases de datos (RMN).</li> </ul> |

| Bibliografía   |       |     |
|--|-------|-----|
| <p>R.W. Brown, Y.N. Cheng, E.M. Haake, M.R. Thompson, R. Venkatesan. <i>Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design</i>. Wiley, 2014.</p> <p>M.T. Vlaardingerbroek, J.A. Boer, A. Luiten, F. Knoet. <i>Magnetic Resonance Imaging: Theory and Practice</i>. 3<sup>rd</sup> ed. Springer-Verlag, 2010.</p> <p>J. Keeler, <i>Understanding NMR Spectroscopy</i>, John Wiley and Sons, 2011.</p> <p>J. Cavanagh, W.J. Fairbrother, A.G. Palmer III, N.J. Skelton. <i>Protein NMR Spectroscopy: Principles and Practice</i>. 2nd Ed. Elsevier, 2007.</p> <p>N. W. Lutz J.V. Sweedler, R. A. Wevers Methodologies for Metabolomics. Experimental Strategies and Techniques. Cambridge University Press, 2013.</p> <p>C.R. Hill, J.C. Bamber, G.R. ter Haar. <i>Physical Principles of Medical Ultrasonics</i>. Wiley, 2004.</p> <p>E.C. Le Ru, P.C. Etchegoin. <i>Principles of Surface-Enhanced Raman Spectroscopy: And Related Plasmonic Effects</i>. Elsevier, 2009.</p> <p>R. Aroca. <i>Surface-Enhanced Vibrational Spectroscopy</i>. Wiley, 2006.</p> <p>R.F. Aroca, M. Campos Vallete, J.V. Garcia-Ramos, S. Sanchez-Cortes, J.A. Sanchez-Gil, P. Sevilla. <i>Amplificación plasmónica de espectros Raman y de Fluorescencia. SERS y SEF sobre nanoestructuras metálicas</i>. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2014.</p> |       |     |
| Recursos en internet   |       |     |
| <p>La asignatura está dada de alta en el Campus virtual.</p>   |       |     |
| Metodología  |       |     |
| <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Clases de teoría, donde se presentarán y comentarán los contenidos, ilustrados con ejemplos y aplicaciones.</li> <li>- Clases prácticas, que incluyen la resolución de problemas, la realización de prácticas en el laboratorio, trabajos con apoyo multimedia.</li> </ul> <p>En las clases se utilizarán, a discreción del profesor, la pizarra, proyecciones con ordenador o transparencias, simulaciones por ordenador, etc.</p>  |       |     |
| Evaluación   |       |     |
| Realización de exámenes  | Peso: | 60% |
| <p>El examen tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).</p> <p>Para la realización de la parte de problemas se podrá consultar un libro de teoría de libre elección por parte del alumno.</p>   |       |     |
| Otras actividades de evaluación  | Peso: | 40% |
| <p>Resolución de problemas propuestos en clase (10%).</p> <p>Realización de prácticas de laboratorio (30%).</p>  |       |     |
| Calificación final   |       |     |
| <p>La calificación final será <math>N_{Final}=0.6N_{Exámen}+0.4N_{OtrasActiv}</math>, donde <math>N_{Exámen}</math> y <math>N_{OtrasActiv}</math> son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados.</p> <p>Para superar la asignatura será obligatorio obtener una calificación mínima de 3 en el examen y una calificación mínima de 5 en la calificación final.</p>  |       |     |

|                                |   |                |                         |                  |        |
|--------------------------------|---|----------------|-------------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Elementos de Anatomía y Fisiología</b> |                |                         | <b>Código</b>    | 606790 |
| <b>Materia:</b>                | Radiofísica                               | <b>Módulo:</b> | Formación Especializada |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                                  | <b>Curso:</b>  | 1º                      | <b>Semestre:</b> | 1º     |

|                           | Total | Teóricos<br>Seminarios | Prácticas/Laboratorio |
|---------------------------|-------|------------------------|-----------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 5.5                    | 0.5                   |
| <b>Horas presenciales</b> | 45    | 36                     | 9                     |

|                                  |                          |                                      |               |                 |            |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------|-----------------|------------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Julián Bustamante García |                                      |               | <b>Dpto:</b>    | Fisiología |
|                                  | <b>Despacho:</b>         | 2ª P.<br>Pabellón 4<br>Fac. Medicina | <b>e-mail</b> | jubustam@ucm.es |            |

| Teoría - Detalle de horarios y profesorado |     |          |                           |   |       |                        |
|--|-----|----------|---------------------------|---|-------|------------------------|
| Aula                                       | Día | Horario  | Profesor                  | Periodo/<br>Fechas                        | Horas | Dpto.                  |
| José Acosta<br>Fac. Medicina               | M   | 15-16:30 | Julián Bustamante García  | Se alternarán a lo largo del cuatrimestre | 6     | Fisiología             |
|  |     |          | Miguel Angel Pozo García  |   | 3     |                        |
|  |     |          | Teresa Priego Cuadra      |   | 6     |                        |
|  | J   | 16:30-18 | Mª Ángeles Vicente Torres |   | 6     | Anatomía y Embriología |
|  |     |          | Eva Maranillo Alcaide     |   | 7.5   |                        |
|  |     |          | José R. Sañudo Tejero     |   | 7.5   |                        |

| Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |                                       |   |                           |       |                        |
|--|---------------------------------------|---|---------------------------|-------|------------------------|
| Grupo  | Lugar                                 | Sesiones                                      | Profesor                  | Horas | Dpto.                  |
| <b>A</b>   | Laboratorios de Fisiología y Anatomía | Seis días a determinar en horario 15:00-16:30 | Julián Bustamante         | 1.5   | Fisiología             |
|  |                                       |   | Miguel Angel Pozo         | 1.5   |                        |
|  |                                       |   | Teresa Priego Cuadra      | 1.5   |                        |
|  |                                       |   | Mª Ángeles Vicente Torres | 1.5   | Anatomía y Embriología |
|  |                                       |   | José Ramón Sañudo         | 1.5   |                        |
|  |                                       |   | Eva Maranillo Alcaide     | 1.5   |                        |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |  |  |                           |
|--|--|--|---------------------------|
| Profesor                                     | Horarios(*)                              | e-mail   | Lugar                     |
| Julián Bustamante                            | Martes 16:30-17:30<br>Jueves 18:30-19:30 | <a href="mailto:jubustam@ucm.es">jubustam@ucm.es</a>         | Despacho de cada profesor |
| Eva Marañillo Alcaide                        |  | <a href="mailto:evamaranillo@ucm.es">evamaranillo@ucm.es</a> |                           |
| Miguel Ángel Pozo                            |  | <a href="mailto:pozo@ucm.es">pozo@ucm.es</a>                 |                           |
| Teresa Priego Cuadra                         |  | <a href="mailto:tpriegoc@ucm.es">tpriegoc@ucm.es</a>         |                           |
| José Ramón Sañudo                            |  | <a href="mailto:jrsanudo@ucm.es">jrsanudo@ucm.es</a>         |                           |
| M <sup>a</sup> Ángeles Vicente Torres        |  | <a href="mailto:mavictor@ucm.es">mavictor@ucm.es</a>         |                           |

\*presenciales, que se complementan hasta cubrir el mínimo de 6 horas semanales por medios electrónicos (e-mail, CV, etc.)

| Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocer los aspectos fundamentales de la anatomía humana y de la anatomía radiológica relacionados con la práctica de la física médica.</li> <li>• Entender el funcionamiento fisiológico de los diferentes aparatos y sistemas del ser humano.</li> <li>• Conocer las metodologías de monitorización de algunas variables fisiológicas</li> <li>• Utilizar la terminología anatómica y fisiológica precisa en la comunicación con profesionales sanitarios.</li> </ul>  |
| Competencias  |
| CB7-9, CG1-7, CT1-10, CE8-9   |
| Resumen   |
| <p>Se pretende que el alumno posea conocimientos generales sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La anatomía del sistema musculo-esquelético.</li> <li>- La anatomía y la fisiología de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• La sangre y aparato cardiovascular.</li> <li>• Los aparatos respiratorio, genitourinario y digestivo.</li> <li>• Los sistemas endocrino y nervioso.</li> </ul> </li> </ul>  |
| Conocimientos previos necesarios  |
| Conocimientos básicos de anatomía y de bioquímica   |
| Programa de la asignatura   |
| <p>Programa teórico y práctico</p> <p><b>Anatomía del sistema musculo-esquelético</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cabeza y cuello.</li> <li>- Tronco.</li> <li>- Miembro superior.</li> <li>- Miembro inferior</li> </ul> <p><b>Fisiología general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fisiología general y de sistemas. Concepto de homeostasis.</li> <li>- Compartimentos líquidos del organismo.</li> <li>- Membrana celular. Procesos de intercambio con el medio. Osmolaridad</li> <li>- Formas de comunicación celular</li> <li>- Células endoteliales. Sistemas de intercambio con el medio externo.</li> </ul> <p><b>Digestivo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anatomía funcional del aparato digestivo.</li> <li>- Motilidad. Secreción. Digestión.</li> <li>- Absorción de hidratos de carbono, proteínas y agua.</li> <li>- Absorción de grasas. Transporte y metabolización del colesterol.</li> <li>- Estructura y función hepática.</li> <li>- Metabolismo basal. Depósitos de reserva energética. Control de la ingesta.</li> </ul> |

|  |
|--|
| <p><b>Sangre</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Composición. Plasma, hematíes, plaquetas y leucocitos. Hemostasia.</li> <li>- Inmunidad innata</li> <li>- Inmunidad adquirida.</li> </ul> <p><b>Circulatorio</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anatomía funcional del aparato circulatorio.</li> <li>- Corazón y sistema circulatorio.</li> <li>- Capilares. Circulación linfática.</li> </ul> <p><b>Riñón</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anatomía funcional del aparato genitourinario</li> <li>- Estructura funcional. Filtración y reabsorción tubular.</li> <li>- Secreción tubular. Concentración y excreción de la orina.</li> </ul> <p><b>Respiratorio</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anatomía funcional del aparato respiratorio.</li> <li>- Concepto de respiración. Entrada de los gases, la ventilación.</li> <li>- Difusión, transporte e intercambio de gases.</li> </ul> <p><b>Nervioso</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anatomía funcional del sistema nervioso.</li> <li>- Células excitables. Potencial de membrana y potencial de acción. La sinápsis.</li> <li>- Estructura general del sistema nervioso. Organización funcional.</li> <li>- Sistema nervioso autónomo. Sistemas sensoriales. Sistemas motores.</li> <li>- Sentidos especiales: gusto y olfato.</li> </ul> <p><b>Endocrino</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anatomía funcional del sistema endocrino.</li> <li>- Concepto de hormona y mecanismos generales de acción. Control hormonal, hipotálamo e hipófisis.</li> <li>- Hormona del crecimiento y factores tróficos.</li> <li>- Hormonas tiroideas, paratiroideas y control de la calcemia.</li> <li>- Hormonas que actúan sobre el metabolismo. El páncreas endocrino. Hormonas de la corteza suprarrenal.</li> <li>- Control hormonal de la reproducción.</li> </ul> <p><b>Laboratorio</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Espirografía y espirometría.</li> <li>- Electrocardiografía.</li> <li>- Presión arterial.</li> <li>- EEG</li> <li>- Anatomía del aparato locomotor.</li> <li>- Anatomía del sistema nervioso y esplacnología.</li> </ul> |
|--|

| Bibliografía   |
|--|
| <p>Pocok, G. y Richards, C. "Fisiología humana. La base de la medicina". Masson. Barcelona, 2ª edición. 2005.</p> <p>Tortora, G.J. y Derrickson, B. "Principios de Anatomía y Fisiología" Ed. Panamericana. 13ª edición. 2013.</p> <p>Tortora, G.J. y Derrickson, B. "Introducción al cuerpo humano" Ed. Panamericana. 7ª edición. 2008.</p> <p>Thibodeau, G.y Patton, K. "Estructura y Función del Cuerpo Humano" Elsevier. 15ª edición. 2016.</p> <p>Thibodeau, G.y Patton, K. "Anatomía y Fisiología" Elsevier. 8ª edición. 2013.</p> <p>Mulroney, S.E. y Myers, A.K.Netter. "Fundamentos de Fisiología" Elsevier. 2ª edición. 2016</p> |
| Recursos en internet   |
| <p>Campus virtual</p>  |

| <b>Metodología</b>   |              |     |
|--|--------------|-----|
| <p>Se utilizarán clases teóricas a lo largo de la semana. Sobre los contenidos de estas clases teóricas se realizarán ejercicios y se discutirán casos que refuercen el tema estudiado. Para este fin se emplearán 4 horas semanales.</p> <p>Las clases prácticas consistirán en el aprendizaje de metodologías no invasivas que permitan al alumno explorar el normal funcionamiento del cuerpo humano.</p> <p>Se realizarán a lo largo de una semana, dos horas cada día, lo que permite al profesor enseñar primero el procedimiento a seguir y luego al alumno adquirir la destreza necesaria.</p> |              |     |
| <b>Evaluación</b>  |              |     |
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 70% |
| Se realizará un examen final tipo test con preguntas tipo verdadero o falso  |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 30% |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. PARTICIPACIÓN ACTIVA en clase con comentarios, preguntas, etc.</li> <li>2. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS y preguntas en clase.</li> <li>3. PRÁCTICAS: Evaluación de un trabajo sobre cada práctica.</li> </ol>   |              |     |
| <b>Calificación final</b>  |              |     |
| <p>EXAMEN TEÓRICO: Será el 70 % de la nota final.</p> <p>PARTICIPACIÓN ACTIVA: Representará el 10% de la nota final.</p> <p>RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS: Representará el 10% de la nota final.</p> <p>PRÁCTICAS: Representará el 10% de la nota final.</p>   |              |     |

|                                |                                    |                |                         |                  |        |
|--------------------------------|------------------------------------|----------------|-------------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Física del Radiodiagnóstico</b> |                |                         | <b>Código</b>    | 606791 |
| <b>Materia:</b>                | Radiofísica                        | <b>Módulo:</b> | Formación especializada |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                           | <b>Curso:</b>  | 1º                      | <b>Semestre:</b> | 2º     |

|                           | Total | Teóricos<br>Seminarios | Prácticas/Laboratorio |
|---------------------------|-------|------------------------|-----------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 5.4                    | 0.6                   |
| <b>Horas presenciales</b> | 45    | 35                     | 10                    |

|                                  |                             |               |                      |
|----------------------------------|-----------------------------|---------------|----------------------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Margarita Chevalier del Río | <b>Dpto:</b>  | RRF                  |
|                                  | <b>Despacho:</b> F. Med     | <b>e-mail</b> | chevalier@med.ucm.es |

| Teoría - Detalle de horarios y profesorado |     |             |                                 |                                    |       |        |
|--|-----|-------------|---------------------------------|------------------------------------|-------|--------|
| Aula                                       | Día | Horario     | Profesor                        | Periodo <sup>2</sup>               | Horas | Dpto.  |
| Seminario Física Médica <sup>1</sup>       | L,J | 15:00-16:30 | Margarita Chevalier             | Se alternarán a lo largo del curso | 5.5   | RRF    |
|  |     |             | Eduardo Guibelalde del Castillo |                                    | 6     |        |
|  |     |             | Diego García Pinto              |                                    | 6     |        |
|  |     |             | José Luis Contreras González    |                                    | 17.5  | EMFTEL |

<sup>1</sup>Seminario de Física Médica, Departamento de Radiología, Rehabilitación y Fisioterapia, Pabellón 2, 4ª Planta, Fac. de Medicina.

<sup>2</sup>A principio de curso se proporcionará una agenda de clases con el contenido de cada sesión y los profesores encargados de ella.

| Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |  |                      |                  |       |        |
|--|--|----------------------|------------------|-------|--------|
| Grupo  | Lugar  | Sesiones             | Profesor         | Horas | Dpto.  |
| A  | Visitas a hospitales y centros relacionados con la | 2 días, a determinar | J.L. Contreras   | 2.5   | EMFTEL |
|  |  |                      | J. López Herraiz | 2.5   |        |
|  | Laboratorio Física Médica                          | 2 días, a determinar | J. López Herraiz | 2.5   | RRF    |
|  |  |                      | D. García Pinto  | 1.0   |        |
|  |  |                      | E. Guibelalde    | 0.5   |        |
|  |  | M. Chevalier         | 1.0              |       |        |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                  |                         |                              |
|--|------------------|-------------------------|------------------------------|
| Profesor                                     | Horarios*        | e-mail                  | Lugar                        |
| Diego García Pinto                           | L, J 14:00-15.00 | garcia.pinto@med.ucm.es | Física Médica, Fac. Medicina |
| Margarita Chevalier                          |                  | chevalier@med.ucm.es    |                              |
| Eduardo Guibelalde                           |                  | egc@med.ucm.es          |                              |
| José Luis Contreras                          | M, V 15:00-16:30 | jcontreras@fis.ucm.es   | D.217 P3 CC Físicas          |

\*presenciales, que se complementan hasta cubrir el mínimo de 6 horas semanales por medios electrónicos (e-mail, CV, etc.)

| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>   |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conocer la estructura, el funcionamiento, las características y las ventajas y limitaciones de los equipos médicos y las técnicas de adquisición de imágenes utilizados en las áreas de radiodiagnóstico y medicina nuclear.</li> <li>- Describir los principios de diseño de los equipos médicos en las áreas de radiodiagnóstico, y medicina nuclear en relación con la eficacia clínica y la seguridad, incluyendo los factores humanos.</li> <li>- Describir los requisitos previos y la aplicación práctica de los sistemas de seguimiento y control de las dosis de radiación de los pacientes en las áreas de radiodiagnóstico y medicina nuclear.</li> <li>- Definir y explicar los principios de calidad, garantía de calidad, control de calidad e indicadores de rendimiento en lo que respecta a los equipos médicos en las áreas de radiodiagnóstico y medicina nuclear.</li> </ul>  |
| <b>Competencias</b>  |
| CB7-9, CG1-7, CT1-10, CE8-9, CE-13-16  |
| <b>Resumen</b>   |
| <p>Esta asignatura agrupa dos campos cruciales para el diagnóstico médico: los Rayos X y la Medicina Nuclear. Se pretende que el alumno:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Posea una base sólida en las técnicas de diagnóstico utilizadas en Medicina Nuclear así como en las que hacen uso de los Rayos X.</li> <li>• Conozca las bases físicas de cada técnica, los equipos utilizados más frecuentemente, las implicaciones de seguridad y la utilidad de cada modalidad en la práctica médica.</li> <li>• Conozca los principales riesgos asociados con ambas técnicas diagnósticas y los mecanismos para minimizarlos.</li> </ul>   |
| <b>Conocimientos previos necesarios</b>  |
| Física general a nivel universitario. Conocimientos básicos de programación.   |
| <b>Programa de la asignatura</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bases del Radiodiagnóstico. Producción de rayos X. Propiedades de la imagen.</li> <li>• Detectores en grafía y escopia. Sistemas analógicos y digitales. Intervencionismo.</li> <li>• Tomografía computarizada. Adquisición de datos, reconstrucción y visualización de la imagen. Técnicas especiales.</li> <li>• Mamografía. Equipos. Calidad de la imagen. Dosimetría.</li> <li>• Tomosíntesis. Adquisición de datos, reconstrucción y visualización de la imagen. Técnicas especiales</li> <li>• Valores de referencia de dosis en diagnóstico. Dosimetría de los pacientes y control de calidad.</li> <li>• Bases de la Medicina Nuclear. Radioisótopos, Estadística Nuclear, detectores.</li> <li>• Contadores y gamma cámaras. Contadores, gamma-cámaras. Control de calidad en gamma cámaras. SPET.</li> <li>• Tomografía por emisión de positrones. Bases Físicas. Tomógrafos.</li> </ul> <p><b>Laboratorio:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconstrucción de imagen en tomografía computarizada. Utilización del Software CTSim e Image J para el análisis de las opciones de adquisición y reconstrucción.</li> <li>- Cálculo de valores de dosis en exploraciones de radiografía convencional, intervencionismo, tomografía computarizada y mamografía</li> </ul> <p><i>Actividades en centros hospitalarios y de investigación. Se visitarán diversos centros en donde se mostrarán las técnicas de:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Registro y análisis de imágenes médicas.</li> <li>- Producción de radioisótopos</li> <li>- Calibración de gamma cámaras</li> </ul> |

| Bibliografía   |       |     |
|--|-------|-----|
| <b><u>Básica</u></b>   |       |     |
| S. Cherry, J. Sorenson, M. Phelps. <i>Physics in Nuclear Medicine</i> . 3 <sup>rd</sup> edition. Saunders, 2003.   |       |     |
| W.R. Hendee. <i>Medical Imaging Physics</i> . John Wiley, 2002.  |       |     |
| P. Sprawls. <i>The Physical Principles of Medical Imaging</i> . Medical Physics Pub Corp, 1995.  |       |     |
| <b><u>Complementaria</u></b>   |       |     |
| P. Suetens. <i>Fundamentals of Medical Imaging</i> , 2 <sup>nd</sup> edition. Cambridge University Press, 2009.  |       |     |
| J.L. Prince, J. M. Links. <i>Medical imaging signals and systems</i> . Pearson Prentice Hall Bioengineering, 2006.   |       |     |
| J.T. Bushberg, J. A. Seibert, E.M. Leidholdt Jr.,J. Boone. <i>The Essential Physics of Medical Imaging</i> -2nd Ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2001.                                     |       |     |
| Recursos en internet   |       |     |
| La asignatura está dada de alta en el <i>Campus Virtual</i> . En ella se archivan apuntes y presentaciones de cada tema, así como enlaces a otros recursos.                                  |       |     |
| Metodología  |       |     |
| Sesiones teóricas con medios audiovisuales, prácticas utilizando detectores sencillos o datos de equipos médicos y prácticas o visitas a instalaciones médicas.                              |       |     |
| Evaluación   |       |     |
| Realización de exámenes  | Peso: | 50% |
| Examen teórico-práctico al final del cuatrimestre.   |       |     |
| Otras actividades de evaluación  | Peso: | 50% |
| Entrega de ejercicios, prácticas, participación en actividades (30%).<br>Trabajos individuales y/o grupales (20%).   |       |     |
| Calificación final   |       |     |
| Media aritmética de la nota del examen y la de las otras actividades de evaluación. Para aprobar será necesario tener una nota mínima de 4/10 en el examen y una media igual o superior a 5. |       |     |

|                                  |                                  |                |                          |                  |        |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b>   | <b>Física de la Radioterapia</b> |                |                          | <b>Código</b>    | 606792 |
| <b>Materia:</b>                  | Radiofísica                      | <b>Módulo:</b> | Formación Especializada  |                  |        |
| <b>Carácter:</b>                 | Optativo                         | <b>Curso:</b>  | 1º                       | <b>Semestre:</b> | 2º     |
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Alfonso López Fernández          |                |                          | <b>Dpto:</b>     | RRF    |
| <b>Despacho:</b>                 | RRF*                             | <b>e-mail</b>  | alfonso.lopez@med.ucm.es |                  |        |

| Teoría - Detalle de horarios y profesorado |       |             |               |                        |                       |                            |
|--|-------|-------------|---------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|
|  |       |             | Total         | Teóricos<br>Seminarios | Prácticas/Laboratorio |                            |
| <b>Créditos ECTS:</b>                      |       |             | 6             | 5.5                    | 0.5                   |                            |
| <b>Horas presenciales</b>                  |       |             | 45            | 36                     | 9                     |                            |
| Aula                                       | Día   | Horario     | Profesor      | Periodo                | Horas                 | Dpto.                      |
| SFM <sup>1</sup>                           | L y J | 16:30-18:00 | Alfonso López | 27/01/20 – 14/05/20    | 36                    | RRF (Facultad de Medicina) |

<sup>1</sup>Seminario de Física Médica. Pabellón 2, 4ª Planta, Facultad de Medicina.

\*Física Médica. Pabellón 2, 4ª Planta, Facultad de Medicina

| Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |                           |                           |               |       |       |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------|-------|-------|
| Grupo  | Lugar                     | Sesiones                  | Profesor      | Horas | Dpto. |
| A  | Hospital de Fuenlabrada   | Fecha y hora a determinar | Alfonso López | 3     | RRF   |
|  | Laboratorio Física Médica | Fecha y hora a determinar | Alfonso López | 3     | RRF   |
|  | Visita a Hospitales       | Fecha y hora a determinar | Alfonso López | 3     | RRF   |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |             |                          |       |
|--|-------------|--------------------------|-------|
| Profesor                                     | Horarios(*) | e-mail                   | Lugar |
| Alfonso López                                | 18:00-19:30 | alfonso.lopez@med.ucm.es | RFM** |

\*presenciales, que se complementan hasta cubrir el mínimo de 6 horas semanales por medios electrónicos (e-mail, CV, etc.)

\*\*Seminario de Física Médica. Pabellón 2, 4ª Planta, Facultad de Medicina.

| Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conocer la estructura, el funcionamiento, las características, y las ventajas y limitaciones de las técnicas y de los equipos médicos utilizados en el área de radioterapia.</li> <li>- Describir los principios de diseño de los equipos médicos en el área de radioterapia en relación con la eficacia clínica y la seguridad, incluyendo los factores humanos.</li> <li>- Describir los requisitos previos y la aplicación práctica de los sistemas de seguimiento y control de las dosis de radiación de los pacientes en el área de radioterapia.</li> </ul> |

|  |
|--|
| - Definir y explicar los principios de calidad, garantía de calidad, control de calidad e indicadores de rendimiento en lo que respecta a los equipos médicos en el área de radioterapia.  |
| <b>Competencias</b>  |
| CB7-9, CG1-7, CT1-10, CE8-9, CE-13-16  |
| <b>Resumen</b>   |
| Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. Fundamentos de los tratamientos con radioterapia. Interacción radiación-materia. Magnitudes empleadas para medir la energía depositada: kerma, poder de frenado, exposición, dosis. Detectores de radiación empleados en radioterapia. Radioterapia externa: Equipos empleados (unidades de cobalto, aceleradores lineales). Calibración y caracterización dosimétrica de los haces de radiación emitidos. Cálculo de distribuciones de dosis. Técnicas utilizadas para aplicar los tratamientos. Técnicas avanzadas (IMRT, IGRT). Braquiterapia: Fuentes radiactivas utilizadas. Calibración y caracterización. Cálculo de dosis. Técnicas empleadas.   |
| <b>Conocimientos previos necesarios</b>  |
| Física General a nivel universitario. Asignatura de Radiofísica del Máster en Física Biomédica.  |
| <b>Programa de la asignatura</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes.</li> <li>• Introducción a la radioterapia.</li> <li>• Interacción radiación-materia.</li> <li>• Magnitudes empleadas para medir el depósito de energía: Kerma, poder de frenado, dosis.</li> <li>• Detectores de radiación utilizados en radioterapia.</li> <li>• Equipos emisores de radiación utilizados en radioterapia externa.</li> <li>• Calibración y caracterización dosimétrica de haces de radiación terapéuticos.</li> <li>• Cálculo de distribuciones de dosis en pacientes.</li> <li>• Proceso de un tratamiento de radioterapia externa.</li> <li>• Técnicas avanzadas de radioterapia externa.</li> <li>• Braquiterapia: isótopos, equipos y técnicas utilizados.</li> <li>• Calibración de fuentes de braquiterapia y cálculo de dosis.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Práctica 1: Revisión del proceso completo del tratamiento radioterápico</li> <li>- Práctica 2: Elaboración de planes de tratamientos de radioterapia sencillos.</li> <li>- Práctica 3: Observación de tratamientos avanzados</li> </ul> |
| <b>Bibliografía</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• F.M. Khan. The Physics of Radiation Therapy. Lippincott Williams &amp; Wilkins, 2003.</li> <li>• W.R. Hendee. Radiation Therapy Physics. Wiley, 2005.</li> <li>• F.H. Attix. Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry. Wiley, 2004.</li> <li>• OIEA (Podgorszak ed.). Radiation Oncology Physics. International Atomic Energy Agency, 2005.</li> <li>• SEFM (A. Brose ed.). Fundamentos de Física Médica. Vol. 1: Medida de la radiación.</li> <li>• SEFM (A. Brose ed.). Fundamentos de Física Médica. Vol. 3: Radioterapia Externa 1</li> <li>• SEFM (A. Brose ed.). Fundamentos de Física Médica. Vol. 4: Radioterapia Externa 2</li> </ul>  |

| <b>Recursos en internet</b>  |              |     |
|--|--------------|-----|
| Campus virtual   |              |     |
| <b>Metodología</b>   |              |     |
| Clases teóricas presenciales con empleo de medios audiovisuales, complementadas con visitas y prácticas en instalaciones médicas.  |              |     |
| <b>Evaluación</b>  |              |     |
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 50% |
| Se realizará un examen de respuesta múltiple a final de curso.   |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 50% |
| <p>A lo largo del curso se irán proponiendo problemas numéricos que los alumnos deberán resolver y entregar.</p> <p>A final del curso cada alumno deberá hacer una breve presentación sobre un tema relacionado con la asignatura.</p> |              |     |
| <b>Calificación final</b>  |              |     |
| <p>La calificación final se obtendrá a partir de la fórmula siguiente:</p> <p>Calificación = Nota Examen * 0,5 + Nota Problemas y Prácticas * 0,3 + Nota Presentación * 0,2</p>  |              |     |

### 4.3. Trabajo Fin de Máster

|                                |                              |                |                       |                  |        |
|--------------------------------|------------------------------|----------------|-----------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Trabajo Fin de Máster</b> |                |                       | <b>Código</b>    | 606782 |
| <b>Materia:</b>                | Trabajo Fin de Máster        | <b>Módulo:</b> | Trabajo Fin de Máster |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Obligatorio                  | <b>Curso:</b>  | 1º                    | <b>Semestre:</b> | anual  |

|                           | Total | Teóricos/Seminarios/Prácticos/Laboratorio |
|---------------------------|-------|---|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 12    | 12  |
| <b>Horas presenciales</b> |       |   |

|                                  |                            |  |               |              |       |
|----------------------------------|----------------------------|--|---------------|--------------|-------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Fernando Arqueros Martínez |  |               | <b>Dpto:</b> | Todos |
|                                  | <b>Despacho:</b>           |  | <b>e-mail</b> |              |       |

| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>  |
|---|
| El Trabajo Fin de Máster TFM es un elemento formativo esencial que, con una carga de 12 ECTS, exige al alumno una gran dedicación. Al finalizar el TFM, el alumno habrá adquirido conocimientos y competencias que serán muy importantes en su futura vida profesional. Independientemente del tipo de TFM que realice. Por ejemplo, habrá adquirido capacidad para iniciar y desarrollar proyectos de investigación, para integrar herramientas teóricas, experimentales y de simulación, para trabajar de manera autónoma, gestionando de manera eficaz los recursos disponibles, así como para evaluar críticamente los resultados de su propio trabajo.   |
| <b>Competencias</b>   |
| CB6-10, CG1-7, CT1-10   |
| <b>Conocimientos previos necesarios</b>   |
| Los contenidos de las asignaturas del Máster.   |
| <b>Programa de la asignatura</b>  |
| El contenido específico dependerá de la elección del alumno. Se ofertan trabajos Fin de Master dentro de los tres campos interrelacionados que abarcan estos estudios: Biofísica, Instrumentación Biomédica y Radiofísica. Los trabajos podrán ser de diferente naturaleza. Por un lado, algunos serán de perfil estrictamente investigador, realizado bien en alguno de los departamentos universitarios participantes en el Máster, bien en uno de los centros de investigación con los que existen convenios de colaboración. Algunos trabajos de carácter más aplicado se llevarán a cabo en colaboración con empresas. Finalmente otros trabajos tendrán un perfil directamente relacionado con la Radiofísica Hospitalaria y serán realizados en colaboración con algunos servicios de hospitales con los que actualmente existen colaboraciones. |

| <b>Centros participantes</b>  |
|---|
| <p>Varios hospitales, empresas y centros de investigación públicos y privados tienen convenios de colaboración con la UCM específicos para realizar el trabajo Fin de Máster de Física Biomédica.</p> <p>En estos casos la Comisión Coordinadora del Máster propondrá como tutor académico a un profesor de alguno de los departamentos universitarios participantes en el Máster. Tanto el tutor académico como el supervisor de la empresa o Centro externo emitirán un informe detallado de la calidad del trabajo realizado. Actualmente existen colaboraciones y contactos con los siguientes centros y empresas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fundación Jiménez Díaz (Servicio de Radioprotección).</li> <li>- Hospital Universitario Doce de Octubre (Servicio de Radiofísica).</li> <li>- Hospital Universitario de Fuenlabrada (Sección de Radiofísica).</li> <li>- Hospital Clínico San Carlos (Servicio de Física Médica y Servicio de Diagnóstico por Imagen).</li> <li>- Centro de Investigaciones Biológicas (CSIC).</li> <li>- Centro Nacional de Investigaciones Cardiovasculares (CNIC).</li> <li>- Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).</li> <li>- SIEMENS HEALTHCARE ESPAÑA</li> </ul> |
| <b>Bibliografía</b>   |
| La recomendada por el tutor del Trabajo Fin de Máster.  |
| <b>Recursos en internet</b>   |
| Campus virtual.   |
| <b>Metodología</b>  |
| Desarrollo de un proyecto individual bajo la supervisión de un profesor o investigador.   |
| <b>Evaluación</b>   |
| La Junta de Facultad nombrará un tribunal que valorará la precisión, estructuración y presentación de la memoria del trabajo y de su exposición y defensa oral. El tribunal solicitará al profesor tutor del trabajo un informe en el que valore el trabajo realizado por el estudiante.  |

## 5. Cuadros Horarios

### 5.1. Horarios del Primer Semestre

| 1º SEMESTRE |                                  |  |   |  |   |
|-------------|----------------------------------|--|---|--|---|
|             | Lunes                            | Martes   | X | Jueves   | V |
| 9:00        | <b>Aula 16</b>                   |  |   | <b>Aula 16</b>                                 |   |
| 9:30        | <b>Radiofísica</b>               |  |   | <b>Radiofísica</b>                             |   |
| 10:00       |                                  |  |   |  |   |
| 10:30       |                                  |  |   |  |   |
| 11:00       |                                  |  |   |  |   |
| 11:30       | <b>Física Biológica</b>          |  |   | <b>Física Biológica</b>                        |   |
| 12:00       |                                  |  |   |  |   |
| 12:30       | <b>Procesado Señales</b>         |  |   | <b>Procesado Señales</b>                       |   |
| 13:00       |                                  |  |   |  |   |
| 13:30       |                                  |  |   |  |   |
| 14:00       |                                  |  |   |  |   |
| 14:30       | <b>Aula 16</b>                   |  |   | <b>Aula 16</b>                                 |   |
| 15:00       | <b>Instrumentación Biomédica</b> | <b>Elem. Anatomía y Fisiología<sup>1</sup></b> |   | <b>Instrumentación Biomédica</b>               |   |
| 15:30       |                                  |  |   |  |   |
| 16:00       |                                  |  |   |  |   |
| 16:30       |                                  |  |   | <b>Elem. Anatomía y Fisiología<sup>1</sup></b> |   |
| 17:00       |                                  |  |   |  |   |
| 17:30       |                                  |  |   |  |   |
| 18:00       |                                  |  |   |  |   |

<sup>1</sup>Se imparte en el Aula José Acosta, situada en el Pabellón 4, Planta Baja de la Facultad de Medicina.

## 5.2. Horarios del Segundo Semestre

| 2º SEMESTRE |                                      |                              |   |                                      |   |
|-------------|--------------------------------------|------------------------------|---|--------------------------------------|---|
|             | Lunes                                | M                            | X | Jueves                               | V |
| 10:30       | <b>Aula 16</b>                       |                              |   | <b>Aula 16</b>                       |   |
| 11:00       | <b>Biofísica Celular y Molecular</b> |                              |   | <b>Biofísica Celular y Molecular</b> |   |
| 11:30       |                                      |                              |   |                                      |   |
| 12:00       |                                      |                              |   |                                      |   |
| 12:30       | <b>RMN y Ultrasonidos</b>            |                              |   | <b>RMN y Ultrasonidos</b>            |   |
| 13:00       |                                      |                              |   |                                      |   |
| 13:30       |                                      |                              |   |                                      |   |
| 14:00       |                                      |                              |   |                                      |   |
| 14:30       | <b>Fac. Medicina<sup>1</sup></b>     | <b><sup>2</sup>Reservado</b> |   | <b>Fac. Medicina<sup>1</sup></b>     |   |
| 15:00       | <b>Física del Radiodiagnóstico</b>   |                              |   | <b>Física del Radiodiagnóstico</b>   |   |
| 15:30       |                                      |                              |   |                                      |   |
| 16:00       | <b>Física de la Radioterapia</b>     |                              |   | <b>Física de la Radioterapia</b>     |   |
| 16:30       |                                      |                              |   |                                      |   |
| 17:00       |                                      |                              |   |                                      |   |
| 17:30       |                                      |                              |   |                                      |   |
| 18:00       |                                      |                              |   |                                      |   |

<sup>1</sup>las clases de la tarde se imparten en el Seminario de Física Médica, Departamento de Radiología, Rehabilitación y Fisioterapia, Pabellón 2, 4ª Planta, Facultad de Medicina.

<sup>2</sup>Durante este periodo se concentrarán la mayor parte de las actividades fuera del aula (prácticas, visitas a hospitales y centros de investigación, etc.).

## 6. Calendario Académico

| Periodos de clases y exámenes               |   |
|---|---|
| Clases Primer Semestre:                     | del 5 de septiembre al 17 de diciembre de 2019 (*)                            |
| Exámenes Primer Semestre (enero):           | del 9 al 24 de enero de 2020  |
| Clases Segundo Semestre:                    | del 27 de enero al 2 de abril de 2020 y del 14 de abril al 14 de mayo de 2020 |
| Exámenes Segundo Semestre (mayo-junio)      | del 18 de mayo al 4 de junio de 2020  |
| Exámenes Segunda Convocatoria (junio-julio) | Del 17 de junio al 7 de julio de 2020   |

\*La apertura del curso académico se celebrará el día 13 de septiembre, siendo día lectivo.

\*\*El calendario de exámenes esta disponible en <http://fisicas.ucm.es/examenes>

Nótese que cada ficha indica el número de horas de que consta la asignatura, por lo que en algunas el final de las clases podría ser anterior al final del periodo lectivo.

| Festividades y días no lectivos   |                                  |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| 1 de noviembre                    | Festividad de Todos los Santos   |
| 12 de noviembre                   | San Alberto Magno                |
| 6 de diciembre                    | Día de la Constitución Española  |
| 9 de diciembre                    | Declarado por UCM día no lectivo |
| 31 de enero                       | Santo Tomás de Aquino trasladado |
| 1 de mayo                         | Día del Trabajo                  |
| 15 de mayo                        | Madrid, festividad de San Isidro |
| Del 20 de diciembre al 7 de enero | Vacaciones de Navidad            |
| Del 3 al 13 de abril              | Vacaciones de Semana Santa       |
| Del 21 de julio al 31 de agosto   | Vacaciones de Verano             |

## Facultad de Ciencias Físicas Calendario académico del curso 2019-20

(aprobado en la Junta de Facultad del 27-3-19)

| <p><b>Septiembre</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>X</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr> <tr><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td></tr> <tr><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td></tr> <tr><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>  | L  | M  | X           | J  | V  | S  | D |   |   |   |   |   |   | 1 | 2 | 3 | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30  |    |   |   |   |   |   | <p><b>Octubre</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>X</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td></tr> <tr><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td></tr> <tr><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td></tr> <tr><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> | L | M | X | J | V | S | D |   | 1 | 2 | 3 | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28   | 29 | 30 | 31 |    |   |   | <p><b>Noviembre</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>X</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td></tr> <tr><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td></tr> <tr><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td></tr> <tr><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td></td></tr> </tbody> </table>   | L | M | X | J | V | S | D |  |  |  |  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |    |    |    |    |    |    |    |  |
|--|----|----|-------------|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| L  | M  | X  | J           | V  | S  | D  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  |    |    |             |    |    | 1  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 2  | 3  | 4  | 5           | 6  | 7  | 8  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 9  | 10 | 11 | 12          | 13 | 14 | 15 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 16   | 17 | 18 | 19          | 20 | 21 | 22 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 23   | 24 | 25 | 26          | 27 | 28 | 29 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 30   |    |    |             |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| L  | M  | X  | J           | V  | S  | D  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  | 1  | 2  | 3           | 4  | 5  | 6  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 7  | 8  | 9  | 10          | 11 | 12 | 13 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 14   | 15 | 16 | 17          | 18 | 19 | 20 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 21   | 22 | 23 | 24          | 25 | 26 | 27 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 28   | 29 | 30 | 31          |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| L  | M  | X  | J           | V  | S  | D  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  |    |    |             | 1  | 2  | 3  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 4  | 5  | 6  | 7           | 8  | 9  | 10 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 11   | 12 | 13 | 14          | 15 | 16 | 17 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 18   | 19 | 20 | 21          | 22 | 23 | 24 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 25   | 26 | 27 | 28          | 29 | 30 |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| <b>2019</b>  |    |    | <b>2020</b> |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| <p><b>Diciembre</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>X</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr> <tr><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td></tr> <tr><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td></tr> <tr><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td></tr> <tr><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> | L  | M  | X           | J  | V  | S  | D |   |   |   |   |   |   | 1 | 2 | 3 | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30  | 31 |   |   |   |   |   | <p><b>Enero</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>X</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr> <tr><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td></tr> <tr><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td></tr> <tr><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>   | L | M | X | J | V | S | D |   |   | 1 | 2 | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27   | 28 | 29 | 30 | 31 |   |   | <p><b>Febrero</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>X</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td></tr> <tr><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td></tr> <tr><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td></tr> <tr><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>  | L | M | X | J | V | S | D |  |  |  |  |   |   | 1 |   |   |   |   |   | 2 | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |    |  |
| L  | M  | X  | J           | V  | S  | D  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  |    |    |             |    |    | 1  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 2  | 3  | 4  | 5           | 6  | 7  | 8  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 9  | 10 | 11 | 12          | 13 | 14 | 15 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 16   | 17 | 18 | 19          | 20 | 21 | 22 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 23   | 24 | 25 | 26          | 27 | 28 | 29 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 30   | 31 |    |             |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| L  | M  | X  | J           | V  | S  | D  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  |    | 1  | 2           | 3  | 4  | 5  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 6  | 7  | 8  | 9           | 10 | 11 | 12 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 13   | 14 | 15 | 16          | 17 | 18 | 19 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 20   | 21 | 22 | 23          | 24 | 25 | 26 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 27   | 28 | 29 | 30          | 31 |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| L  | M  | X  | J           | V  | S  | D  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  |    |    |             |    |    | 1  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  |    |    |             |    | 2  | 3  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 4  | 5  | 6  | 7           | 8  | 9  | 10 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 11   | 12 | 13 | 14          | 15 | 16 | 17 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 18   | 19 | 20 | 21          | 22 | 23 | 24 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 25   | 26 | 27 | 28          | 29 |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| <p><b>Marzo</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>X</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr> <tr><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td></tr> <tr><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td></tr> <tr><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td></tr> <tr><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>     | L  | M  | X           | J  | V  | S  | D |   |   |   |   |   |   | 1 | 2 | 3 | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30  | 31 |   |   |   |   |   | <p><b>Abril</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>X</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr> <tr><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td></tr> <tr><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td></tr> <tr><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>     | L | M | X | J | V | S | D |   |   | 1 | 2 | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27   | 28 | 29 | 30 |    |   |   | <p><b>Mayo</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>X</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td></tr> <tr><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td></tr> <tr><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td></tr> <tr><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td></tr> </tbody> </table> | L | M | X | J | V | S | D |  |  |  |  |   | 1 | 2 |   |   |   |   |   | 3 | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |  |
| L  | M  | X  | J           | V  | S  | D  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  |    |    |             |    |    | 1  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 2  | 3  | 4  | 5           | 6  | 7  | 8  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 9  | 10 | 11 | 12          | 13 | 14 | 15 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 16   | 17 | 18 | 19          | 20 | 21 | 22 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 23   | 24 | 25 | 26          | 27 | 28 | 29 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 30   | 31 |    |             |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| L  | M  | X  | J           | V  | S  | D  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  |    | 1  | 2           | 3  | 4  | 5  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 6  | 7  | 8  | 9           | 10 | 11 | 12 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 13   | 14 | 15 | 16          | 17 | 18 | 19 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 20   | 21 | 22 | 23          | 24 | 25 | 26 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 27   | 28 | 29 | 30          |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| L  | M  | X  | J           | V  | S  | D  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  |    |    |             |    | 1  | 2  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  |    |    |             |    | 3  | 4  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 5  | 6  | 7  | 8           | 9  | 10 | 11 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 12   | 13 | 14 | 15          | 16 | 17 | 18 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 19   | 20 | 21 | 22          | 23 | 24 | 25 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 26   | 27 | 28 | 29          | 30 | 31 |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| <p><b>Junio</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>X</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td></tr> <tr><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td></tr> <tr><td>29</td><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>  | L  | M  | X           | J  | V  | S  | D | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |    |    |    |    |    | <p><b>Julio</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>X</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr> <tr><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td></tr> <tr><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td></tr> <tr><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> | L  | M | X | J | V | S | D   |   |   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |    |    | <p><b>Agosto</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>X</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td></tr> <tr><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td></tr> <tr><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> | L  | M  | X  | J  | V | S | D   |   |   |   |   |   |   | 1 |  |  |  |  |   |   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |    |    |    |    |    |  |
| L  | M  | X  | J           | V  | S  | D  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 1  | 2  | 3  | 4           | 5  | 6  | 7  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 8  | 9  | 10 | 11          | 12 | 13 | 14 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 15   | 16 | 17 | 18          | 19 | 20 | 21 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 22   | 23 | 24 | 25          | 26 | 27 | 28 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 29   | 30 |    |             |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| L  | M  | X  | J           | V  | S  | D  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  |    | 1  | 2           | 3  | 4  | 5  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 6  | 7  | 8  | 9           | 10 | 11 | 12 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 13   | 14 | 15 | 16          | 17 | 18 | 19 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 20   | 21 | 22 | 23          | 24 | 25 | 26 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 27   | 28 | 29 | 30          | 31 |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| L  | M  | X  | J           | V  | S  | D  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  |    |    |             |    |    | 1  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  |    |    |             |    |    | 2  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 3  | 4  | 5  | 6           | 7  | 8  | 9  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 10   | 11 | 12 | 13          | 14 | 15 | 16 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 17   | 18 | 19 | 20          | 21 | 22 | 23 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 24   | 25 | 26 | 27          | 28 | 29 | 30 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 31   |    |    |             |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |

clases semestre 1    
  clases semestre 2    
  parciales de 1º  
 exámenes    
  lectura TFGs    
  entrega de actas    
  x no lectivos

Aprobado en Junta de Facultad del 27-3-2019. Una vez que se publiquen en el BOE y en el BOCM las correspondientes normas sobre días festivos para el próximo año 2020, tanto de ámbito nacional, autonómico y local, se reflejarán en este calendario.

- **Control de cambios**

| Versión | Fecha modificación | Cambio efectuado  | Secciones afectadas | Páginas afectadas |
|---------|--------------------|---|---------------------|-------------------|
| 1.0     | 03/06/2019         | Primera versión. Pendiente aprobación Junta de Facultad |                     |                   |
|         |                    |   |                     |                   |
|         |                    |   |                     |                   |