Guía docente de la asignatura

# Radioastronomía (M53/56/3/5)

Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 02/07/2025

| | |
|---|---|
| **Máster** | Máster Universitario en Física y Matemáticas - Fisymat |
| **MÓDULO** | Módulo I: Astrofísica |
| **RAMA** | Ciencias |
| **CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO** | Escuela Internacional de Posgrado |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Semestre** | Primero | **Créditos** | 6 | **Tipo** | Optativa | **Tipo de enseñanza** | Presencial |

## BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)

- Técnicas observacionales e instrumentación astronómica (telescopios, instrumentos, detectores).
- Peculiaridades en función del rango espectral, desde el infrarrojo a los rayos gamma ultraenergéticos.
- Procesos físicos de emisión y absorción.
- Campañas observacionales (preparación y obtención de datos). Manejo de archivos astronómicos. Tratamiento de datos.

## COMPETENCIAS

### COMPETENCIAS BÁSICAS

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



Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 10:56
Código seguro de verificación (CSV): AAB8203A8B19D8F8CEAEFC3D7D1D3B73 Pág. 1 de 8

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

- CG02 - Capacidad de generar y desarrollar de forma independiente propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional en el ámbito científico de la Física y Matemáticas
- CG03 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos
- CG05 - Adquirir la capacidad de desarrollar un trabajo de investigación científica de forma independiente y en toda su extensión. Ser capaz de buscar y asimilar bibliografía científica, formular las hipótesis, plantear y desarrollar problemas y elaborar de conclusiones de los resultados obtenidos

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Resolver problemas físicos y matemáticos, planificando su resolución en función de las herramientas disponibles y de las restricciones de tiempo y recursos
- CE02 - Desarrollar la capacidad de decidir las técnicas adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Modelización en Ciencias e Ingeniería, Astrofísica, Física, y Matemáticas
- CE04 - Tener capacidad para elaborar y desarrollar razonamientos físicos avanzados, y profundizar en los distintos campos de la física y astrofísica
- CE06 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de resultados e ideas nuevas y complejas en el campo de la astrofísica, física, matemáticas y biomatemáticas

### COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT05 - Capacidad de aprendizaje autónomo y responsabilidad (análisis, síntesis, iniciativa y trabajo en equipo

## COMPETENCIAS

### COMPETENCIAS BÁSICAS



Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): AAB8203A8B19D8F8CEAEFC3D7D1D3B73
06/05/2026 - 10:56
Pág. 2 de 8

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en 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

- CG02 - Capacidad de generar y desarrollar de forma independiente propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional en el ámbito científico de la Física y Matemáticas
- CG03 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos
- CG05 - Adquirir la capacidad de desarrollar un trabajo de investigación científica de forma independiente y en toda su extensión. Ser capaz de buscar y asimilar bibliografía científica, formular las hipótesis, plantear y desarrollar problemas y elaborar de conclusiones de los resultados obtenidos

## COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Resolver problemas físicos y matemáticos, planificando su resolución en función de las herramientas disponibles y de las restricciones de tiempo y recursos
- CE02 - Desarrollar la capacidad de decidir las técnicas adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Modelización en Ciencias e Ingeniería, Astrofísica, Física, y Matemáticas
- CE04 - Tener capacidad para elaborar y desarrollar razonamientos físicos avanzados, y profundizar en los distintos campos de la física y astrofísica
- CE06 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de resultados e ideas nuevas y complejas en el campo de la astrofísica, física, matemáticas y biomatemáticas

## COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT05 - Capacidad de aprendizaje autónomo y responsabilidad (análisis, síntesis, iniciativa y trabajo en equipo

# RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)



Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 10:56
Código seguro de verificación (CSV): AAB8203A8B19D8F8CEAEFC3D7D1D3B73 Pág. 3 de 8

El alumno sabrá/comprenderá:

- Los fundamentos teóricos y técnicos de la radioastronomía
- Las técnicas observacionales en radioastronomía, tanto con antena única como con interferómetros
- La función que desempeñan la resolución angular y la sensibilidad en las observaciones astronómicas.
- Los distintos mecanismos de emisión de ondas de radio en el cosmos.
- Los escenarios astrofísicos donde la radioastronomía tiene un papel relevante: medio interestelar, radio-supernovas, púlsares, agujeros negros, núcleos de galaxias activas.

El alumno será capaz de:

- Resolver casos prácticos de obtención de parámetros físicos a partir de resultados de observaciones de Radioastronomía
- Procesar datos sencillos de antenas únicas e interferómetros.
- Preparar propuestas de observación a radiotelescopios

## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

### TEÓRICO

**1. Introducción a la astrofísica de ondas de radio**

- El espectro electromagnético.
- Aspectos diferenciales de la observación en ondas de radio en comparación con otros rangos.
- Historia de la Radioastronomía.
- Principales logros científicos.

**2. Radiotelescopios**

- Observables en Radioastronomía. Patrón del haz, intensidad, densidad de flujo, temperatura de brillo, temperatura de antena.
- El radiotelescopio de antena única. Antenas, poder de resolución, temperatura de sistema, calibración, métodos de observación.
- Receptores. Amplificadores de bajo ruido, heterodinaje, bolómetros.
- Espectrómetros.
- Interferometría. Función de visibilidad, teorema de van Citter-Zernike, haz primario, muestreo de visibilidades, desconvolución, calibración.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F



Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): AAB8203A8B19D8F8CEAEFC3D7D1D3B73
06/05/2026 - 10:56
Pág. 4 de 8

- Interferometría de muy larga base.

### 3. Procesos radiativos en Radioastronomía

- Transporte radiativo. Ecuación del transporte radiativo. Coeficientes de emisión y de absorción. Temperatura de brillo. Temperatura de excitación. Perfil de líneas espectrales. Equilibrio termodinámico local. Coeficientes de Einstein. Opacidad y densidad columnar. Transiciones colisionales. Termalización.
- Procesos térmicos
    - Emisión de continuo libre-libre. Coeficiente de absorción. Medida de emisión. Espectro de una región HII homogénea. Tasa de fotones ionizantes y esfera de Strömgren. Cálculo de parámetros físicos de una región HII homogénea. Espectro de vientos estelares ionizados.
    - La transición de 21 cm del HI. Obtención de parámetros físicos de nubes de HI.
    - Emisión térmica de los granos de polvo en el medio interestelar. Opacidad en el rango mm-submm. Cálculo de masas.
    - Transiciones moleculares.
    - Aproximación de Born-Oppenheimer. Transiciones electrónicas, vibracionales y rotacionales. Transiciones rotacionales de moléculas diatómicas. La molécula de CO. Obtención de parámetros físicos de nubes moleculares a partir del CO.
- Procesos no térmicos
    - Emisión máser. Concepto. Especificidad y utilidad respecto a otros tipos de emisión. Inversión de población. Amplificación. Regímenes y condiciones. Fuentes de emisión máser.
    - Radiación sincrotrón. Radiación sincrotrón de una partícula cargada. Radiación sincrotrón de una distribución de particulas cargadas. Espectro sincrotrón.
    - Radiación Compton e inverso Compton. Espectro Inverso Compton. Evolución del espectro de una fuente emisora no-térmica.

### 4. Escenarios astrofísicos para la Radioastronomía

- Medio interestelar
    - Nuestra Galaxia. Componentes del medio interestelar.
    - El gas atómico de la Galaxia. Distribución y propiedades de las nubes de HI.
    - Regiones HII. Tipos de regiones HII. Distribución y propiedades.
    - Emisión de polvo en torno a objetos estelares en formación.
    - Moléculas en el medio interestelar. Distribución y propiedades de las nubes moleculares en la Galaxia.
    - Formación estelar en nubes moleculares. Etapas de la formación estelar. Modelos de colapso y formación estelar. Discos protoplanetarios. Formación de estrellas masivas.
    - Estrellas evolucionadas. Nebulosas planetarias.
- Radio supernovas. Tipos de supernovas. Radio supernovas. Radio Supernovas de Colapso Nuclear. Radio emisión de las supernovas termonucleares. Espectro y evolución de las radio supernovas. Remanentes de supernova.
- Púlsares y radioestrellas. Radio Estrellas. Mecanismos de Emisión. Tipos de Radio Estrellas. Púlsares. Mecanismos de emisión. Púlsares binarios. Púlsares dobles. Púlsares como laboratorios de Física Fundamental.
- Fast Radio Bursts (FRBs) y magnetars.
- Galaxias: formación estelar y núcleos activos. Galaxias starburst. Tasa de formación

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F



Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 10:56
Código seguro de verificación (CSV): AAB8203A8B19D8F8CEAEFC3D7D1D3B73 Pág. 5 de 8

estelar. Función inicial de masas. Radio supernovas como trazadores de formación estelar. Galaxias áctivas (AGN). Agujeros negros supermasivos. Jets relativistas. Acrecimiento versus formación estelar. AGNs de baja luminosidad. El Centro Galáctico.
- Evolución de Galaxias. Observaciones radio de galaxias de alto corrimiento al rojo.
- Sistema Solar. Componentes de la emisión en radio del Sol. Emisión de radio de planetas y cometas.

### PRÁCTICO

- Métodos de reconstrucción de imágenes en radio.
- Observación y reducción de datos.
- Acceso a bases de datos.
- Preparación de propuestas.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

Condon, J. J., Ransom, S. M., 2016, "Essential Radio Astronomy", Princeton University Press

Estalella, R., Anglada, G., 2008, "Introducción a la física del medio interestelar", Edicions Universitat de Barcelona

Wilson, T. L., Rohlfs, K., Huttemeister, S., 2013, “Tools of Radio Astronomy”, Springer

Lorimer, D. R., Kramer, M., 2012, "Handbook of Pulsar Astronomy", Cambridge University Press

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Burke, B. F., Graham-Smith, F., 1997, "An introduction to Radio Astronomy", Cambridge University Press

Kraus, J. D., 1986, “Radio Astronomy”, Cygnus-Quasar Books

Rybicki, G. B., Lightman A.P., 1979, "Radiative Processes in Astrophysics", John Wiley & Sons

Spitzer, L., 1978, "Physical processes in the interstellar medium", John Wiley & Sons

Thompson, A. R., Moran, J. M., Swenson, G. W., 2001, “Interferometry and Synthesis in Radio Astronomy”, Wiley & Sons

Verschuur, G. L., Kellermann, K. I. (editors), 1991, “Galactic and Extragalactic Radio Astronomy”, Springer

## ENLACES RECOMENDADOS

https://science.nrao.edu/opportunities/courses/era



Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 10:56
Código seguro de verificación (CSV): AAB8203A8B19D8F8CEAEFC3D7D1D3B73 Pág. 6 de 8

http://www2.jpl.nasa.gov/radioastronomy/

http://partner.cab.inta-csic.es/index.php?Section=Formacion_Profesorado

https://github.com/onsala-space-observatory/APSYNSIM

## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Lección magistral
- MD02 Resolución de problemas y estudio de casos prácticos
- MD04 Seminarios
- MD05 Tutorías académicas
- MD06 Realización de trabajos individuales o en grupos
- MD07 Análisis de fuentes y documentos

## EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

### EVALUACIÓN ORDINARIA

- Valoración de las pruebas, ejercicios, prácticas o problemas realizados individualmente o en grupo a lo largo del curso. 30%
- Realización, exposición y defensa final de informes, trabajos, proyectos y memorias realizadas de forma individual o en grupo. 30%
- Valoración de la asistencia y participación del alumno en clase y en los seminarios, y sus aportaciones en las actividades desarrolladas. 40%

### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

- Valoración de pruebas, ejercicios, prácticas o problemas realizados individualmente o en grupo a lo largo del curso. 30%
- Realización, exposición y defensa final de informes, trabajos, proyectos y memorias realizadas de forma individual. 30%
- Valoración de la asistencia y participación del alumno en clase y en los seminarios, y sus aportaciones en las actividades desarrolladas. 40%

### EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F



Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): AAB8203A8B19D8F8CEAEFC3D7D1D3B73
06/05/2026 - 10:56
Pág. 7 de 8

- Pruebas, ejercicios, prácticas o problemas realizados individualmente. 30%
- Realización, exposición y defensa final de informes, trabajos, proyectos y memorias realizadas de forma individual. 30%
- Examen de contenidos del temario. 40%

## INFORMACIÓN ADICIONAL

En el caso de utilizar herramientas de IA para el desarrollo de la asignatura, el estudiante debe adoptar un uso ético y responsable de las mismas. Se deben seguir las recomendaciones contenidas en el documento de "Recomendaciones para el uso de la inteligencia artificial en la UGR" publicado en esta ubicación: https://ceprud.ugr.es/formacion-tic/inteligencia-artificial/recomendaciones-ia#contenido0

Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): Gestión de servicios y apoyos (https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad).

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F



Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): AAB8203A8B19D8F8CEAEFC3D7D1D3B73
06/05/2026 - 10:56
Pág. 8 de 8