



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Física de la Tierra y Astrofísica	
<b>Título:</b>	Determinación de propiedades físicas en galaxias cercanas usando espectroscopía 2D	
<b>Title:</b>	Physical properties in nearby galaxies using 2D spectroscopy	
<b>Supervisor/es:</b>	África Castillo Morales	
<b>E-mail supervisor/es</b>	acasmor@fis.ucm.es	
<b>Número de plazas:</b>	1	
<b>Asignación de TFG:</b>	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

### Objetivos:

En este trabajo se analizarán cubos de datos espectroscópicos del proyecto CALIFA, exploración de galaxias cercanas ( $0.005 < z < 0.03$ ) observadas con el instrumento PPaK en el telescopio 3.5m de CAHA además de cubos de datos observados con MEGARA, espectrógrafo de campo integral en GTC-10.4m. Los principales objetivos que se persiguen con este trabajo son:

- Familiarización con el manejo de cubos de datos espectroscópicos así como con el uso de las herramientas de análisis cinemático.
- Determinación de la cinemática estelar y gaseosa en galaxias de la muestra con la obtención de mapas de velocidad y dispersión de velocidades.
- Obtención y análisis de diferentes propiedades como extinción, tasa de formación estelar, abundancia del gas, cociente de líneas, etc....

### Metodología:

En este trabajo se emplearán los cubos de datos de la muestra CALIFA a resolución  $R(\Delta\lambda/\lambda) \sim 850$  (configuración V500) y se propondrán varias galaxias para su análisis.

- En primer lugar se llevará a cabo el ajuste de la población estelar utilizando el software específico (pPXF). Esto permitirá la determinación de la cinemática estelar al mismo tiempo que la obtención del espectro de emisión con el que se trabajará para derivar diferentes propiedades de la galaxia y su distribución espacial en ella.
- Además de la cinemática estelar se derivará el campo de velocidad radial del gas ionizado modelando la emisión de  $H\alpha$ .
- A partir del espectro de emisión y usando el decremento Balmer se estimará la extinción interestelar usando los flujos observados en las líneas  $H\alpha$  y  $H\beta$  en emisión. Se utilizará el trazador  $H\alpha$  para la obtención de la tasa de formación estelar, así como

diferentes estimadores como O3N2, N2 para la determinación de la abundancia gaseosa. Se hará una estimación del mecanismo de ionización dominante en la galaxia elaborando un diagrama BPT.

Con este trabajo el alumno aprenderá a derivar propiedades físicas que permiten caracterizar a las galaxias usando datos espectroscópicos y conceptos estudiados en asignaturas de Astrofísica.

Se recomienda que los alumnos tengan conocimientos básicos de Astrofísica: se recomienda haber cursado la asignatura de "Astrofísica" de 3º del Grado en Física y la asignatura de "Astrofísica Extragaláctica" de 4º del Grado en Física. También será necesario por parte del alumno el desarrollo de una pequeña parte de software (Python) para el análisis de los datos, así como el uso de software astronómico específico.

**Bibliografía:**

1. An Introduction to Galaxies and Cosmology, M.H.Jones & J.A. Lambourne, The Open University-Cambridge, edición 2007 (primera en 2003).
2. Extragalactic Astronomy & Cosmology, An Introduction, P.Schneider, Springer, edición 2006.
3. An Introduction to Modern Astrophysics, B.W.Carroll & D.A.Ostlie, Pearson-Addison Wesley, 2007.
4. Galaxy Formation and Evolution, H.Mo, F.vandenBosch, S.White, Cambridge, 2010.
5. Galactic Astronomy, J.Binney & M.Merrifield, Princeton,1998.
6. Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei, D. Osterbrock, University Science Books, 2006.



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Física de la Tierra y Astrofísica	
<b>Título:</b>	Relaciones de escala galácticas con Big Data	
<b>Title:</b>	Scaling relations in galaxies with Big Data	
<b>Supervisor/es:</b>	Artemi Camps Fariña	
<b>E-mail supervisor/es</b>	arcamps@ucm.es	
<b>Número de plazas:</b>	2	
<b>Asignación de TFG:</b>	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

### Objetivos:

- Familiarizarse con las relaciones fundamentales entre parámetros físicos que rigen las galaxias, como la Secuencia Principal de Formación Estelar (SFMS), la relación Masa-Metalicidad (MZR), Faber-Jackson, etc.
- Aprender sobre los recursos disponibles en cuanto a grandes repositorios de datos creados por surveys como SDSS-IV MaNGA.
- Ser capaz de adquirir y dar formato a los datos de esos surveys utilizando herramientas como SQL, TOPCAT, EXCEL o programación.
- Realizar un análisis de los datos reproduciendo algunas de las relaciones fundamentales.

### Metodología:

1. Se realizará un análisis bibliográfico sobre la importancia de las relaciones fundamentales en física extragaláctica.
2. Se explorará el archivo de datos de SDSS y se usará alguna de las herramientas disponibles para descargar los datos necesarios para reproducir las relaciones fundamentales elegidas.
3. Se utilizará (i) un programa de análisis como TOPCAT/EXCEL o bien (ii) programación con Python para reproducir las relaciones fundamentales y ajustar sus parámetros (pendiente, offset, etc.) comprobando la validez de los últimos.

**Bibliografia:**

- Galaxy Formation and Evolution, Houjun Mo, Frank van den Bosch, Simon White, Cambridge University Press, 2010
- The Origin of the Mass-Metallicity Relation: Insights from 53,000 Star-forming Galaxies in the Sloan Digital Sky Survey, Tremonti et al. 2004, ApJ, 613, 898-913
- The physical properties of star-forming galaxies in the low-redshift Universe, Brinchmann et al. 2005, MNRAS, 351, 1151-1179



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica	
<b>Título:</b>	Historia de la enseñanza de las astrofísica y astronomía en la Universidad Complutense de Madrid y predecesores	
<b>Title:</b>	History of the teaching of astrophysics and astronomy at the Complutense University of Madrid and predecessors	
<b>Supervisor/es:</b>	Alejandro Sánchez de Miguel	
<b>E-mail supervisor/es</b>	alejasan@ucm.es	
<b>Número de plazas:</b>	1	
<b>Asignación de TFG:</b>	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

### Objetivos:

Identificar las instituciones predecesoras de la Universidad Complutense de Madrid y la Universidad Central en relación a la enseñanza e investigación en Astronomía y Astrofísica.

Estudiar los planes de estudio y programas académicos en Astronomía y Astrofísica en estas instituciones a lo largo del tiempo, destacando los cambios y avances en la enseñanza de estas disciplinas.

Investigar las colaboraciones y conexiones entre las instituciones y otros centros de investigación nacionales e internacionales en el ámbito de la Astronomía y Astrofísica.

Elaborar una línea de tiempo que refleje la evolución de la didáctica e investigación en Astronomía y Astrofísica en la Universidad Complutense de Madrid y la Universidad Central y sus instituciones predecesoras, destacando los hitos más importantes.

### **Metodología:**

Para trazar la evolución del personal académico y sus relaciones en el contexto del estudio de la didáctica e investigación en Astronomía y Astrofísica en la Universidad Complutense de Madrid y la Universidad Central y sus instituciones predecesoras, se emplearán diversos documentos y recursos. Entre ellos, cabe destacar:

- Tesis doctorales: Se analizarán las tesis doctorales en Astronomía y Astrofísica defendidas en estas instituciones, identificando las líneas de investigación, los avances científicos y las metodologías empleadas. Además, se estudiarán las relaciones entre directores de tesis, doctorandos y colaboradores, lo cual permitirá comprender la evolución del personal académico y sus redes de colaboración.
- Planes de estudio: Se investigarán los planes de estudio en Astronomía y Astrofísica a lo largo del tiempo, con el objetivo de identificar los cambios en las asignaturas, los enfoques didácticos y los requisitos académicos. También se analizará la evolución de los perfiles profesionales y las competencias demandadas en el ámbito laboral.
- Publicaciones científicas: Se examinarán artículos de investigación, libros y monografías publicadas por miembros del personal académico en Astronomía y Astrofísica, lo que permitirá evaluar su impacto en la comunidad científica y su influencia en la evolución de la enseñanza e investigación en estas disciplinas.
- Documentos internos: Se revisarán actas de reuniones, informes de investigación y otros documentos internos que puedan arrojar luz sobre la organización del personal académico, las decisiones curriculares y la asignación de recursos a proyectos de investigación en Astronomía y Astrofísica.
- Archivos históricos: Se investigarán los archivos históricos de las instituciones para obtener información sobre la evolución de la enseñanza e investigación en Astronomía y Astrofísica, así como sobre la trayectoria profesional de los miembros del personal académico.
- Entrevistas y testimonios: Se recogerán entrevistas y testimonios de profesores, investigadores, alumnos y otros miembros de la comunidad académica, con el objetivo de obtener información en primera persona sobre la evolución de la enseñanza e investigación en Astronomía y Astrofísica, las relaciones entre el personal y los desafíos a los que se han enfrentado a lo largo del tiempo.
- Bases de datos y repositorios digitales: Se emplearán bases de datos académicas y repositorios digitales para identificar publicaciones y proyectos

de investigación en Astronomía y Astrofísica, lo que permitirá estudiar las colaboraciones entre las instituciones y otros centros de investigación nacionales e internacionales.

A través de estos recursos y documentos, se podrá obtener una visión más completa de la evolución de la didáctica e investigación en Astronomía y Astrofísica en la Universidad Complutense de Madrid y la Universidad Central y sus instituciones predecesoras, así como de las relaciones entre el personal académico y las redes de colaboración que han surgido a lo largo del tiempo.

**Bibliografía:**

Brotons, V. N. (1993). Astronomía y cosmología en la España del siglo XVI. *Actes de les II Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, 39.

Pérez, I. F. (2010). *Aproximación histórica al desarrollo de la astronomía en España* (No. 48). Univ Santiago de Compostela.

Guía y programas de la Facultad de Ciencias: curso 1964-1965. (1964). España

Guía y programas de la Facultad de Ciencias: curso 1963-1964. (1963). España



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2023-24

## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Física de la Tierra y Astrofísica	
<b>Título:</b>	Distribuciones Espectrales de Energía y cinemática de galaxias en cúmulos	
<b>Title:</b>	Spectral Energy Distributions and kinematics of cluster galaxies	
<b>Supervisor/es:</b>	Armando Gil de Paz	
<b>E-mail supervisor/es</b>	agil@fis.ucm.es	
<b>Número de plazas:</b>	3	
<b>Asignación de TFG:</b>	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

### Objetivos:

El objetivo es llevar a cabo un estudio de las propiedades de las galaxias en cúmulos a distancias cosmológicas ( $0.15 < z < 0.23$ ) extraídos de la muestra CATARSIS en función de las propiedades globales de los cúmulos y en función de la distancia al centro del cúmulo. Se analizará la relación de la densidad de galaxias (global y localmente dentro del cúmulo) con las propiedades fotométricas (colores, tasa de formación estelar) y dinámicas (movimientos peculiares dentro del cúmulo) haciendo uso de bases de datos públicas de fotometría multi-frecuencia y espectroscopía ya publicada de las galaxias miembros de estos cúmulos.

### Metodología:

El/La alumn@ escogerá un cierto número de cúmulos de la muestra de CATARSIS, idealmente cubriendo un rango en masas y distancias, que dispongan, además, de suficiente información fotométrica en bases de datos públicas en bandas desde el ultravioleta hasta el infrarrojo y con medidas de velocidad radial de un gran número de sus miembros. Una vez compilados estos datos fotométricos usará herramientas públicas para el ajuste de sus distribuciones espectrales de energía (SEDs). Esto permitirá analizar la distribución de los colores, la tasa de formación estelar, la masa de las galaxias en función de la densidad local (determinada por su distancia proyectada al centro), de las propiedades del cúmulo (masa, tamaño, riqueza) y el *redshift* de observación. Para aquellos miembros con medidas de velocidad radial publicadas se compararán también las propiedades derivadas de dichas SEDs con su movimiento peculiar dentro del cúmulo para así constreñir su trayectoria (pasada y

futura) dentro del cúmulo. Por último, este trabajo permitirá también analizar la bien conocida relación entre densidad y morfología y extenderla a otros parámetros fotométricos y dinámicos.

**Bibliografía:**

1. An Introduction to Galaxies and Cosmology, M.H. Jones y J.A. Lambourne, The Open University Cambridge, edición 2007.
2. Extragalactic Astronomy & Cosmology, An Introduction, P.Schneider, Springer, edición 2006.
3. An Introduction to Modern Astrophysics, B.W.Carroll y D.A.Ostlie, Pearson-Addison Wesley, 2007.



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Física de la Tierra y Astrofísica
<b>Título:</b>	Efecto de los parámetros orbitales y estructurales de las galaxias satélite sobre su destrucción por fuerzas de marea
<b>Title:</b>	Effects of orbital and structural parameters of the satellite galaxies on their disruption by tidal forces
<b>Supervisor/es:</b>	M. Ángeles Gómez Flechoso
<b>E-mail supervisor/es</b>	magflechoso@ucm.es
<b>Número de plazas:</b>	1
<b>Asignación de TFG:</b>	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

### Objetivos:

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado es analizar el efecto que tienen los distintos parámetros orbitales y morfológicos de una galaxia satélite sobre su tiempo de supervivencia orbitando alrededor de una galaxia mayor.

### Metodología:

Se realizarán simulaciones numéricas variando la morfología y la órbita de una galaxia satélite y se analizará el decaimiento de su órbita y su destrucción por fuerzas de marea, con el objetivo de analizar la influencia de estos parámetros en la distribución anisótropa de galaxias satélite observada en la Vía Láctea y otras galaxias del Universo Local.

Son altamente recomendables conocimientos de programación, así como de mecánica, estadística y astrofísica (a nivel de la asignatura de Astrofísica de 3º del Grado en Físicas)

### Bibliografía:

Boylan-Kolchin, M.; Ma, C.-P. ; Quataert, E. (2008) MNRAS, 383,93  
Chang, J.; Macciá, A. V.; Kang, X. (2013) MNRAS, 431, 3533  
Kroupa, P.; Theis, C.; Boily, C. M. (2005) A&A, 431, 517  
Lynden-Bell, D. (1976) MNRAS, 174, 695



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Física de la Tierra y Astrofísica	
<b>Título:</b>	Tensor de inercia de estructuras a distintas escalas en simulaciones cosmológicas	
<b>Title:</b>	Inertia tensor of structures at different scales in cosmological simulations	
<b>Supervisor/es:</b>	M. Ángeles Gómez Flechoso	
<b>E-mail supervisor/es</b>	magflechoso@ucm.es	
<b>Número de plazas:</b>	1	
<b>Asignación de TFG:</b>	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

### Objetivos:

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado es el cálculo del tensor de inercia y de los ejes principales de inercia de las estructuras que se forman en el proceso de evolución cosmológica de formación de estructuras, desde grandes escalas como son la red cósmica (*cosmic web*) hasta escalas más pequeñas como son los discos de galaxias espirales, pasando por grupos de galaxias y halos de materia oscura.

Se analizará también la evolución temporal de dichos ejes de inercia, así como sus posibles correlaciones entre las diferentes escalas.

### Metodología:

Los datos a analizar se obtendrán de simulaciones cosmológicas ya realizadas, de las cuales se tienen posiciones y velocidades de los objetos en diferentes épocas cosmológicas.

El análisis de los datos se realizará mediante programas que tendrá que desarrollar el alumno, preferentemente en lenguaje python, con los que se realizarán los distintos cálculos y análisis posteriores.

Son altamente recomendables conocimientos básicos de programación, así como de mecánica, estadística y astrofísica (a nivel de la asignatura de Astrofísica de 3º del Grado en Físicas)

### Bibliografía:

Libeskind, N.I. et al (2013) MNRAS, 428, 2489

Libeskind, N. I. et al (2015) MNRAS, 452,1052

Robles, S. et al (2015) MNRAS, 451, 486

Santos-Santos, I. et al (2023) ApJ, 942, 78  
Tempel, E. et al (2015) MNRAS, 450, 2727



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Física de la Tierra y Astrofísica	
<b>Título:</b>	Buscando agujeros negros supermasivos para cartografiar la red cósmica	
<b>Title:</b>	Finding supermassive black holes to map the cosmic web	
<b>Supervisor/es:</b>	Shane O'Sullivan	
<b>E-mail supervisor/es</b>	shanepos@ucm.es	
<b>Número de plazas:</b>	1	
<b>Asignación de TFG:</b>	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

### Objetivos:

Los AGN radiofuertes se pueden observar a lo largo de la mayor parte de la historia del Universo y son excelentes fuentes para medir las propiedades de la materia en la red cósmica y su evolución [1]. En particular, un efecto conocido como rotación de Faraday [2] puede iluminar "fases oscuras" de gas magnetizado que son difíciles de detectar por otros medios (por ejemplo, filamentos en la red cósmica y el medio extendido que rodea las galaxias). El objetivo de este proyecto es identificar las galaxias anfitrionas de una muestra de AGN radiofuertes (es decir, agujeros negros supermasivos con chorros) y utilizarlas para medir las propiedades del gas magnetizado en la red cósmica.

### Metodología:

El estudiante analizará los datos de nuevos estudios de radiogalaxias (por ejemplo, [3]) en combinación con catálogos ópticos de galaxias. Modelará los datos de radio para medir la rotación de Faraday producida por el gas magnetizado en el medio intergaláctico. Para analizar los datos el estudiante aprenderá a utilizar software de visualización como Aladin [4] y software de manipulación de tablas como TOPCAT [5], además desarrollará sus propios códigos en Python.

### Bibliografía:

- [1] O'Sullivan et al. (2019) <https://arxiv.org/abs/1811.07934v1>  
[2] [https://en.wikipedia.org/wiki/Faraday\\_effect](https://en.wikipedia.org/wiki/Faraday_effect)

[3] Hale et al. (2021) <https://arxiv.org/abs/2109.00956>

[4] <https://aladin.cds.unistra.fr/>

[5] [https://en.wikipedia.org/wiki/TOPCAT\\_\(software\)](https://en.wikipedia.org/wiki/TOPCAT_(software))



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Física de la Tierra y Astrofísica	
<b>Título:</b>	Caracterización cinemática del gas ionizado en las regiones centrales de una galaxia cercana de la muestra MEGADES	
<b>Title:</b>	Characterization of ionized gas kinematics in the central regions of a nearby galaxy from the MEGADES survey	
<b>Supervisor/es:</b>	Cristina Catalán Torrecilla	
<b>E-mail supervisor/es</b>	ccatalan@ucm.es	
<b>Número de plazas:</b>	2	
<b>Asignación de TFG:</b>	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

### Objetivos:

El objetivo principal de este trabajo es la caracterización de la cinemática del gas ionizado y el análisis de la presencia de vientos en las regiones centrales de una galaxia obtenida de la muestra MEGADES (*MEGARA Galaxy Disks Evolution Survey*). Para ello, el/la alumno/a estudiará la cinemática de la componente sistémica y la presencia de múltiples componentes, la morfología de los vientos y derivará sus propiedades físicas fundamentales tales como la masa del gas ionizado o la energía cinética. A lo largo de este trabajo se emplearán los cubos de datos que han sido obtenidos con el instrumento MEGARA/GTC.

### Metodología:

En primer lugar, se determinará la cinemática del gas ionizado utilizando los cubos de datos del instrumento MEGARA/GTC que ya se encuentran procesados. Para ello se llevarán a cabo los siguientes pasos: (i) se realizará el modelado de las líneas espectrales de emisión mediante ajustes gaussianos múltiples que permitirán obtener los siguientes parámetros para cada componente: longitud de onda central, anchura e intensidad del flujo, (ii) se crearán los mapas correspondientes para las distintas componentes, centrando el estudio en la caracterización tanto espacial como cinemática de la componente ancha, que identifica al viento.

El siguiente paso será la estimación de los parámetros físicos que caracterizan a los vientos (masa total del gas ionizado, energía cinética, ...) y su comparación con los valores de la literatura en galaxias similares.

Finalmente, el/la alumno/a tratará de discernir la posible fuente de origen del viento evaluando si es compatible con un escenario en el que domina la emisión del AGN o los procesos de formación estelar.

Recomendaciones:

- Haber cursado la asignatura de *Astrofísica* (3º del Grado en Física) y haber cursado/estar cursando *Astrofísica Extragaláctica* (4º del Grado en Física).
- Poseer conocimientos básicos de programación (*Python*).

**Bibliografía:**

- Galactic Astronomy, J.Binney & M.Merrifield, Princeton,1998.
- An Introduction to Galaxies and Cosmology, M.H.Jones & J.A. Lambourne, The Open University-Cambridge, edición 2007 (primera en 2003).
- Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei, D. Osterbrock, University Science Books, 2006.
- Extragalactic Astronomy & Cosmology, An Introduction, P.Schneider, Springer, edición 2006.
- An Introduction to Modern Astrophysics, B.W.Carroll & D.A.Ostlie, Pearson-Addison Wesley, 2007.



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Física de la Tierra y Astrofísica	
<b>Título:</b>	Análisis de propiedades de galaxias en filamentos usando el cartografiado GAMA	
<b>Title:</b>	Analysis of properties of galaxies in filaments using the GAMA survey	
<b>Supervisor/es:</b>	Maritza Arlene Lara-López, Jesús Gallego Maestro	
<b>E-mail supervisor/es</b>	maritzal@ucm.es, j.gallego@ucm.es	
<b>Número de plazas:</b>	1	
<b>Asignación de TFG:</b>	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

### Objetivos:

- El estudiante comenzará a instruirse en el análisis de grandes bases de datos mediante el uso del cartografiado GAMA, el cual cuenta con más de 300 mil galaxias.
- Se generarán relaciones de escala entre varias propiedades de las galaxias (masa, metalicidad y formación estelar), estimadas por el estudiante mediante las fórmulas más usadas en la literatura.
- El alumno se instruirá en el uso de códigos para ajustar relaciones, estimar la bondad de los ajustes y dispersión.
- Se usarán herramientas estadísticas para interpretar los datos y relaciones encontradas.

### Metodología:

-Se le proporcionará al alumno catálogos en formato fits de filamentos, masas estelares, morfología, y líneas de emisión ya medidas de cada galaxia. Se instruirá al alumno en cómo leer los datos y combinar los diferentes catálogos usando herramientas como Topcat. El estudiante usará un código de su elección (e.g., Python, R) y con los catálogos estimará mediante métodos convencionales diferentes propiedades de las galaxias (e.g., metalicidad y formación estelar). Finalmente procederá a generar relaciones de escala para cientos de galaxias.

Es recomendable haber cursado la asignatura de Astrofísica extragaláctica, y tener conocimientos básicos de estadística. Es preferible que el estudiante tenga experiencia en algún lenguaje de programación, o bien interés en aprender. Los libros, artículos y descripción de catálogos están en inglés, por lo que es importante entenderlo.

**Bibliografía:**

1. Nucleosynthesis and Chemical Evolution of Galaxies, B. Pagel, Cambridge University Press, 2<sup>nd</sup> edition, 2009.
2. Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei, D. Osterbrock, University Science Books, 2006.
3. An Introduction to Modern Astrophysics, B.W.Carroll & D.A.Ostlie, Pearson-Addison Wesley, 2007.
4. Practical statistics for astronomers, J. V. Wall and C. R. Jenkins, Cambridge University Press, 2<sup>nd</sup> edition, 2012



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Física de la Tierra y Astrofísica	
<b>Título:</b>	Estudio de diagramas color-magnitud con datos de Gaia	
<b>Title:</b>	Study of colour-magnitude diagrams with Gaia data	
<b>Supervisor/es:</b>	David Montes Gutiérrez, Christian Duque Arribas	
<b>E-mail supervisor/es</b>	<a href="mailto:dmontes@ucm.es">dmontes@ucm.es</a> , <a href="mailto:chrduque@ucm.es">chrduque@ucm.es</a>	
<b>Número de plazas:</b>	1	
<b>Asignación de TFG:</b>	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

### Objetivos:

El objetivo del trabajo es estudiar en detalle el diagrama color-magnitud (diagrama HR, *Hertzsprung-Russell*) para diferentes muestras de estrellas utilizando los recientes datos de la misión astrométrica Gaia DR3 que gracias a la precisión en distancias y colores permite sacar el máximo provecho a estos diagramas y entender diferentes efectos físicos de los que depende como el estado evolutivo (edad) y la composición química (metalicidad) de las estrellas individuales.

El trabajo se centrará en muestras de estrellas frías (F, G, K, M) con parámetros adicionales determinados desde Tierra con espectroscopia de alta resolución que combinados con los datos de la misión *Gaia* permitirán estudiar el efecto que la metalicidad en los diagramas color-magnitud tanto con los colores que *Gaia* como con los disponibles de otras exploraciones fotométricas y discernir de otros efectos como la edad o binariedad.

### Metodología:

El alumno recibirá una tabla de datos con parámetros espectroscópicos de una muestra de estrellas y recopilará también estos parámetros de otras exploraciones espectroscópicas desde Tierra. Para todas estas estrellas aprenderá cómo obtener todos los parámetros astrométricos y fotométricos que la misión *Gaia* proporciona y cómo representar a partir de ellos el diagrama color-magnitud. Para todo ello se utilizarán herramientas del observatorio virtual como *TOPCAT* o programas sencillos en *Python*. Se realizarán además búsquedas cruzadas con otras exploraciones para poder realizar el mismo estudio, pero utilizando otras bandas fotométricas. Con toda esta información se podrá entonces estudiar cómo influye la metalicidad ([Fe/H]) en la posición de las estrellas en estos diagramas.

Se recomienda que los alumnos tengan conocimientos básicos de Astrofísica Estelar al nivel que se imparten en la asignatura “Astrofísica” (obligatoria de 3º Grado en Física, módulo de Física Fundamental). También es muy recomendable haber cursado las asignaturas optativas “Astronomía Observacional” y “Astrofísica Estelar”. Finalmente, es recomendable que el alumno posea conocimientos de programación en lenguaje Python.

**Bibliografía:**

- GAIA DATA RELEASE 3 (GAIA DR3)  
<https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/dr3>
- “Gaia Early Data Release 3: Summary of the contents and survey properties”  
Gaia Collaboration, Brown, A.G.A., et al. [A&A 649, A1 \(2021\)](#)
- “Gaia Data Release 3: Analysis of RVS spectra using the General Stellar Parametriser from spectroscopy”  
Recio-Blanco, et al. [2022arXiv220605541R](#)
- “Calibrating the metallicity of M dwarfs in wide physical binaries with F-, G-, and K-primaries - I: High-resolution spectroscopy with HERMES: stellar parameters, abundances, and kinematics”  
D. Montes, R. González-Peinado, H.M. Tabernero et al.  
2018, MNRAS, 479, 133, [2018MNRAS.479.1332M](#)
- “Age determination for 269 Gaia DR2 open clusters”  
Bossini, D., Vallenari, A., Bragaglia, A., et al.  
2019, A&A, 623, A108, [2019A&A...623A.108B](#)



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Física de la Tierra y Astrofísica	
<b>Título:</b>	Caracterización de sistemas exoplanetarios	
<b>Title:</b>	Characterization of exoplanetary systems	
<b>Supervisor/es:</b>	David Montes Gutiérrez, Ester González Álvarez	
<b>E-mail supervisor/es</b>	<a href="mailto:dmontes@ucm.es">dmontes@ucm.es</a> , <a href="mailto:estgon11@ucm.es">estgon11@ucm.es</a>	
<b>Número de plazas:</b>	2	
<b>Asignación de TFG:</b>	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

### Objetivos:

El objetivo de este trabajo es familiarizarse con los diferentes métodos para la detección y caracterización de exoplanetas. En particular determinarán los parámetros fundamentales de un exoplaneta (masa y radio) así como posibles sistemas exoplanetarios múltiples en estrellas de tipo F, G, K, y M combinando la información proporcionada por el método de las velocidades radiales y el de los tránsitos fotométricos.

### Metodología:

Para la caracterización de sistemas exoplanetarios se combinará la información proporcionada por series temporales de velocidad radial disponibles de espectrógrafos de alta resolución como HARPS, HARPS-N, HIRES y CARMENES y series temporales fotométricas (tránsitos) disponibles de exploraciones desde Tierra como HAT-Net, KELT, WASP y de misiones espaciales como Kepler, K2 y TESS. Se realizarán ajustes conjuntos de las curvas de velocidad radial y de luz. Se compararán los resultados obtenidos con diferentes paquetes de software disponibles en la actualidad como *PYTRANSIT*, *PyTranSpot*, *RVLIN*, *TLMC*, *EXOFAST*, *Systemic*, *Pyaneti*, *juliet*, *pyORBIT*, *Exo-Striker*, *Allesfitter* y *exoplanet* y se estudiará cuál es el más adecuado en función del tipo de datos disponibles y tipo de estrella y sistema planetario en estudio.

### Bibliografía:

- "The Exoplanet Handbook", 2nd Edition  
Author: Michael Perryman, University College Dublin  
Date Published: August 2018  
ISBN: 9781108419772, [Cambridge University Press](https://www.cambridge.org/9781108419772)

- *“Pyaneti: a fast and powerful software suite for multi-planet radial velocity and transit fitting”*,

O. Barragán, D. Gandolfi, G. Antoniciello

2019, MNRAS, 482, 1017, [2019MNRAS.482.1017B](#)

- *“juliet: a versatile modelling tool for transiting and non-transiting exoplanetary systems”*

Néstor Espinoza, Diana Kossakowski, Rafael Brahm,

2019, MNRAS, 490, 2262, [2019MNRAS.490.2262E](#)

- *“Masses and radii for the three super-Earths orbiting GJ 9827, and implications for the composition of small exoplanets”*,

Rice, K.; Malavolta, L.; Mayo, et al.

2019, MNRAS, 484, 3731, [2019MNRAS.484.3731R](#)

- *“The Exo-Striker: Transit and Radial velocity Interactive Fitting tool for Orbital analysis and N-body simulations”*,

T. Trifonov, <https://github.com/3fon3fonov/exostriker>

- *“Allesfitter: Flexible Star and Exoplanet Inference from Photometry and Radial Velocity”*,

M.N. Günther, T. Daylan, [2021ApJS..254...13G](#)

- *“exoplanet: Gradient-based probabilistic inference for exoplanet data & other astronomical time series”*,

Foreman-Mackey, et al. [2021JOSS....6.3285F](#)



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Física de la Tierra y Astrofísica	
<b>Título:</b>	Viabilidad y características principales de un estudio con el telescopio ELT de galaxias con formación estelar de baja masa en la época del mediodía cósmico	
<b>Title:</b>	Feasibility and main features of a survey of low-mass star-forming galaxies at the cosmic noon epoch with the ELT telescope	
<b>Supervisor/es:</b>	Jesús Gallego Maestro, Cristina Cabello González	
<b>E-mail supervisor/es</b>	<a href="mailto:j.gallego@ucm.es">j.gallego@ucm.es</a> , <a href="mailto:criscabe@ucm.es">criscabe@ucm.es</a>	
<b>Número de plazas:</b>	1	
<b>Asignación de TFG:</b>	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

### Objetivos:

El objetivo de este trabajo es determinar la viabilidad y las características principales de un estudio espectroscópico de galaxias de baja masa con brotes de formación estelar a diferentes distancias cosmológicas como los que podrían llevarse a cabo en el futuro con el instrumento MOSAIC del telescopio gigante europeo ELT. Para seleccionar muestras representativas de galaxias de baja masa en diferentes épocas del Universo se utilizarán los sondeos más completos existentes, con especial énfasis en la época del mediodía cósmico (Cosmic Noon). Como datos iniciales se dispondrá de los catálogos de propiedades físicas de galaxias de la exploración CANDELS, disponibles en Internet. Se desarrollará una forma sencilla de consultar las tablas de los catálogos y de estimar los valores típicos y rango de los principales parámetros físicos de las galaxias.

A continuación, se utilizarán las herramientas de simulación del instrumento MOSAIC para estimar el rendimiento y capacidades de la combinación ELT/MOSAIC. Durante este TFG el estudiante conocerá el diseño actual del instrumento MOSAIC y del telescopio ELT.

### Metodología:

Se facilitará al alumno/a las páginas web de las que descargar los catálogos en forma de ficheros ASCII multi columna. El alumno deberá adoptar una herramienta informática (preferiblemente Python) para manejar los catálogos y para llevar a cabo las representaciones y los ajustes estadísticos.

Se recomienda que los alumnos tengan conocimientos básicos de Astrofísica Extragaláctica al nivel que se imparte en la asignatura "Astrofísica" (obligatoria de 3º

Grado en Física, módulo de Física Fundamental). También es muy recomendable haber cursado la asignatura “Astrofísica Extragaláctica” (optativa de la materia Astrofísica y Cosmología, 4º Grado en Física, módulo de Física Fundamental). Finalmente, es recomendable que el alumno posea conocimientos de programación en algún lenguaje (Python, C, etc.) y de inglés para entender los manuales de los catálogos.

**Bibliografía:**

**Básica:**

1. An Introduction to Galaxies and Cosmology, M.H.Jones & J.A. Lambourne, The Open University-Cambridge, edición 2007 (primera edición en 2003).
2. Extragalactic Astronomy & Cosmology, An Introduction, P.Schneider, Springer, edición 2006.
3. An Introduction to Modern Astrophysics, B.W.Carroll & D.A.Ostlie, Pearson-Addison Wesley, 2007.

**Complementaria:**

4. Galaxy Formation and Evolution, H.Mo, F.vandenBosch, S.White, Cambridge, 2010.
5. Galactic Astronomy, J.Binney & M.Merrifield, Princeton,1998.
6. Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei, D. Osterbrock, University Science Books, 2006.



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Física de la Tierra y Astrofísica
<b>Título:</b>	Relaciones estructurales de galaxias remotas a partir de los catálogos CANDELS
<b>Title:</b>	Structural relations of remote galaxies from the CANDELS catalogues
<b>Supervisor/es:</b>	Jesús Gallego Maestro
<b>E-mail supervisor/es</b>	j.gallego@ucm.es
<b>Número de plazas:</b>	2
<b>Asignación de TFG:</b>	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

### Objetivos:

El objetivo general del trabajo es formar al alumno en utilizar Internet como un recurso fundamental en investigación. Como ejemplo práctico se plantea estudiar las posibles relaciones entre los diferentes parámetros físicos que describen una galaxia. Se buscan formas fáciles de derivar un parámetro en función de otros y en función del tipo de galaxia y la época del universo. Como datos iniciales se dispondrá de los catálogos de propiedades físicas de galaxias de la exploración CANDELS, disponibles completos en Internet. Se desarrollará una forma sencilla de consultar las tablas de los catálogos y de representar unos parámetros frente a otros. Se utilizarán métodos matemáticos sencillos para cuantificar la bondad de un ajuste, la dispersión y otros indicadores matemáticos. Como resultado final se espera conseguir relaciones entre la masa estelar y las diferentes luminosidades, colores y otros parámetros. El análisis se llevará a cabo para diferentes rangos de edad del universo (diferentes desplazamientos al rojo). Al final del TFG se creará una página web de ayuda para futuras consultas de los catálogos.

### Metodología:

Se facilitará al alumno/a las páginas web de las que descargar los catálogos en forma de ficheros ASCII multi columna. El alumno deberá adoptar una herramienta informática (Excel, R o Python) para manejar los catálogos y para llevar a cabo las representaciones y los ajustes estadísticos. Para los ajustes se considerará como una de las opciones la regresión lineal bayesiana mediante MCMC.

La página web se creará en <https://sites.google.com/>

Se recomienda que los alumnos tengan conocimientos básicos de Astrofísica Extragaláctica al nivel que se imparte en la asignatura "Astrofísica" (obligatoria de 3º Grado en Física, módulo de Física Fundamental). También es muy recomendable

haber cursado la asignatura “Astrofísica Extragaláctica” (optativa de la materia Astrofísica y Cosmología, 4º Grado en Física, módulo de Física Fundamental). Finalmente, es recomendable que el alumno posea conocimientos de programación en algún lenguaje (Python, C, Fortran, etc.) y de inglés para entender los manuales de los catálogos.

Aunque se ofrecen varias plazas para este TFG, a cada alumno se le asignará un rango diferente de desplazamientos al rojo.

**Bibliografía:**

**Básica:**

1. An Introduction to Galaxies and Cosmology, M.H.Jones & J.A. Lambourne, The Open University-Cambridge, edición 2007 (primera edición en 2003).
2. Extragalactic Astronomy & Cosmology, An Introduction, P.Schneider, Springer, edición 2006.
3. An Introduction to Modern Astrophysics, B.W.Carroll & D.A.Ostlie, Pearson-Addison Wesley, 2007.

**Complementaria:**

4. Galaxy Formation and Evolution, H.Mo, F.vandenBosch, S.White, Cambridge, 2010.
5. Galactic Astronomy, J.Binney & M.Merrifield, Princeton,1998.
6. Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei, D. Osterbrock, University Science Books, 2006.



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Física de la Tierra y Astrofísica	
<b>Título:</b>	Elaboración de un modelo numérico de interior estelar	
<b>Title:</b>	Development of a stellar-interior numerical model	
<b>Supervisor/es:</b>	Sergio Pascual, Nicolás Cardiel	
<b>E-mail supervisor/es</b>	<a href="mailto:sergiopr@fis.ucm.es">sergiopr@fis.ucm.es</a> , <a href="mailto:cardiel@ucm.es">cardiel@ucm.es</a>	
<b>Número de plazas:</b>	2	
<b>Asignación de TFG:</b>	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

### Objetivos:

Escritura de un modelo numérico del interior de una estrella. Como datos iniciales dispondremos de la masa total de la estrella y su composición química. El modelo deberá resolver las ecuaciones básicas que gobiernan la generación de energía en el núcleo estelar y su transporte hacia las regiones exteriores. Como resultado final el modelo proporcionará la variación, en función de la distancia al centro de la estrella, de los parámetros físicos más relevantes: temperatura, presión, masa, luminosidad, densidad, opacidad y generación de energía. El alumno deberá realizar asimismo una discusión razonada de dichos resultados.

### Metodología:

Se facilitará a los alumnos un manual completo en el que se describirán en detalle las ecuaciones a resolver. El modelo numérico podrá programarse en cualquier lenguaje de programación a elegir por el alumno, aunque recomendamos que se realice en Python.

El modelo tendrá que resolver las 4 ecuaciones fundamentales del interior estelar:

- (1) la ecuación de continuidad de la masa
- (2) la ecuación de equilibrio hidrostático
- (3) la ecuación de equilibrio energético

(4) la ecuación de transporte de energía (casos radiativo y convectivo)

El manual del trabajo facilitado a los alumnos describirá en detalle el procedimiento algorítmico que habrá que seguir para proceder a la integración de dichas ecuaciones.

La estrategia que se seguirá es mixta: se combinará la integración desde la superficie estelar hacia el interior con la integración desde el interior estelar hacia la superficie. Será necesario unir las soluciones en un punto intermedio que, como se verá, será el límite entre el núcleo convectivo y la envoltura radiativa.

Se recomienda que los alumnos tengan conocimientos básicos de Astrofísica Estelar al nivel que se imparten en la asignatura "Astrofísica" (obligatoria de 3º Grado en Física, módulo de Física Fundamental). También es muy recomendable haber cursado la asignatura "Astrofísica Estelar" (optativa de la materia Astrofísica y Cosmología, 4º Grado en Física, módulo de Física Fundamental). Finalmente, es recomendable que el alumno posea conocimientos de programación en algún lenguaje (Python, C, Fortran, etc.).

Aunque se ofrecen varias plazas para este TFG, a cada alumno se le asignará una colección diferente de parámetros iniciales, por lo que el modelo resultante será distinto en cada caso.

**Bibliografía:**

- *Manual para la elaboración de un modelo numérico de interior estelar* (será facilitado por los profesores responsables de la supervisión de los trabajos)
- *Introduction to Stellar Atmospheres and Interiors*, E. Novotny, Oxford University Press, 1973
- *Principles of Stellar Evolution and Nucleosynthesis*, D.D. Clayton, McGraw-Hill, 1984
- *Introduction to Stellar Astrophysics, Volume 3, Stellar Structure and Evolution*, E. Böhm-Vitense, Cambridge University Press, 1992
- *Evolution of Stars and Stellar Populations*, M. Salaris, S. Cassisi, John Wiley & Sons, Ltd, 2005



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Física de la Tierra y Astrofísica	
<b>Título:</b>	Estudio de la química de poblaciones estelares en la Vía Láctea con datos de la misión espacial Gaia	
<b>Title:</b>	Study of the chemistry of stellar populations in the Milky Way with data from the Gaia space mission	
<b>Supervisor/es:</b>	Pablo Santos del Peral	
<b>E-mail supervisor/es</b>	pasant02@ucm.es	
<b>Número de plazas:</b>	1	
<b>Asignación de TFG:</b>	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

### Objetivos:

El objetivo del trabajo es familiarizarse con el análisis de grandes bases de datos mediante el uso del catálogo DR3 de la misión espacial Gaia, que proporciona posiciones, distancias, parámetros atmosféricos y abundancias químicas para miles de millones de estrellas de nuestra Galaxia.

El/la alumno/a cartografiará químicamente diferentes regiones de la Vía Láctea según la posición y distancia de diferentes muestras de estrellas, visualizando la distribución de diferentes elementos químicos (silicio, calcio, titanio, magnesio) presentes en su morfología, y discutiendo su formación y evolución.

El trabajo podrá complementarse con parámetros y composiciones químicas determinadas desde la Tierra con espectroscopía de alta resolución.

### Metodología:

El alumno aprenderá cómo obtener toda la información estelar disponible de la misión Gaia, y cómo visualizarla y representarla usando herramientas como *TOPCAT* y programas sencillos en *Python*.

El alumno podrá recibir tablas de datos de pequeñas muestras de estrellas con parámetros espectroscópicos para su comparación y extracción de información.

**Recomendaciones:**

- Haber cursado las asignaturas de “Astrofísica” (3º del Grado en Física) y las asignaturas optativas de “Astrofísica Estelar” y “Astrofísica Extragaláctica” (4º del Grado en Física).
- Poseer conocimientos básicos de programación (Python), o bien interés en aprenderlo.

**Bibliografía:**

1. Gaia Data Release 3 (Gaia DR3): <https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/dr3>
2. “Gaia Data Release 3: Summary of the contents and survey properties” Gaia Collaboration, A. Vallenari, A.G.A. Brown, T. Prusti, et al. 2022, A&A
3. “Gaia Data Release 3: Chemical cartography of the Milky Way” Gaia Collaboration, Alejandra Recio-Blanco, et al. 2022, A&A
4. “The AMBRE Project: Solar neighbourhood chemodynamical constraints on Galactic disc evolution” P. Santos-Peral, A. Recio-Blanco, G. Kordopatis, E. Fernández-Alvar, and P. de Laverny, 2021, A&A, 653, A85 (2021)
5. “Streams, Substructures, and the Early History of the Milky Way” Amina Helmi, 2020, Annual Review of Astronomy and Astrophysics, vol. 58, p.205-256