



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	FISICA DE LA TIERRA Y ASTROFÍSICA	
Título:	El origen del campo magnético terrestre	
Title:	The origin of the Earth's magnetic field	
Supervisor/es:	María Luisa Osete López	
E-mail supervisor/es	mlosete@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

El campo magnético se genera por el movimiento del fluido (compuesto fundamentalmente por Hierro) en el núcleo externo. Las simulaciones numéricas han avanzado mucho en los últimos años y han podido generar un campo automantenido que reproduce una de las características más importantes del campo geomagnético: las inversiones de polaridad.

Con este trabajo se pretende:

- Profundizar en las bases físicas de la geodinamo.
- Conocer el estado actual del tema así como los hitos más importantes alcanzados en los últimos años.
- Conocer los fundamentos de las simulaciones numéricas y los ensayos de laboratorio.

Metodología:

Consulta de textos básicos de Geomagnetismo. Planteamiento de las ecuaciones básicas de la magnetohidrodinámica.

Análisis del Modelo de Galtzmaier y Roberts (1995)

Búsqueda de artículos científicos relevantes sobre el problema de la Geodinamo en los últimos 5 años. Para definir los hitos más relevantes en esta disciplina.

Bibliografía:

- Merrill, R.T., McElhinny, M. y P. McFadden. The Magnetic Field of the Earth, Academic Press, Boston. 1996
- Glatzmaier, G. A., and P. H. Roberts, A three-dimensional self-consistent computer simulation of a geomagnetic field reversal, *Nature*, 377, 203–209, 1995.
- Glatzmaier, G. A., and P. H. Roberts, Rotation and magnetism of Earth's inner core, *Science*, 274, 1887–1891, 1996.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	FISICA DE LA TIERRA Y ASTROFÍSICA	
Título:	Estructura y dinámica planetaria en la Ciencia Ficción. Análisis y crítica científica	
Title:	Structure and Planetary dynamics in Science Fiction. Scientific analysis and criticism	
Supervisor/es:	María Luisa Osete López / F. Javier Pavón Carrasco	
E-mail supervisor/es	mlosete@ucm.es / fjpavon@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Analizar de forma crítica algunos de los supuestos que aparecen en la literatura y filmografía de Ciencia Ficción en relación con el conocimiento científico actual de la Tierra y de otros planetas.

- Identificar las hipótesis físicas que subyacen.
- Estudiar la viabilidad de las hipótesis.
- Determinar los errores, márgenes de incertidumbre, etc. Indicando cuales serían las soluciones científicas más plausibles.

Metodología:

Se discutirá con los estudiantes posibles películas, novelas, cómics u otros soportes de ciencia ficción relacionados con la física de la Tierra y la física planetaria. A partir de esta interacción se elegirá el tema concreto que se adecue a la formación del alumno.

Se seleccionarán algunos problemas físicos relevantes a estudiar del tema elegido.

Los estudiantes analizarán las hipótesis físicas y demostrarán sus errores o aciertos a través de la aplicación de las leyes y cálculos que aprendieron durante los estudios del grado.

Bibliografía:

C.M.R. Fowler, "the Solid Earth. An introduction to Global Geophysics". Cambridge University Press. 2005

P. Olson. "Core Dynamics, Treatise of Geophysics". 2009

Buffet, B.A. "Earth's Core and Geodynamo". *Science*, 288. 2000

Stevenson, D.J. "Planetary science: Mission to Earth's core — a modest proposal". *Nature* 423, 239-240. 2003

I. de Pater, J.J. Lissauer. *Planetary Sciences*. Cambridge University Press. 2006.

G.W. Pröls. *Physics of the Earth's Space Environment*, Springer Verlag, Berlin, 2003

R. Wissman, L.C. McFadden and T.V. Johnson (eds). *Encyclopedia of the Solar System*, Academic Press, Inc. New York. 1999.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Serie sísmica de La Palma asociada a la erupción volcánica	
Title:	Seismic sequence associated to the La Palma the volcanic eruption	
Supervisor/es:	E. Buforn Peiró	
E-mail supervisor/es	ebufornp@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/>	Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

Objetivos:

Conocer los principales conceptos de sismicidad: parámetros focales, distribución espacio-temporal de terremotos, valor del parámetro b, valores de intensidades y atenuación, valores pico de aceleración, etc

Aplicar estos conceptos para estudiar las características de los terremotos de la serie sísmica de La Palma asociada a la erupción volcánica.

Analizar los resultados obtenidos por diferentes autores y compararlos.

Interpretar estos resultados en el marco sismotectónico de la zona.

Metodología:

El alumno realizará una búsqueda bibliográfica, utilizando preferentemente el Web of Science, de trabajos publicados sobre la serie sísmica de La Palma, completándolo con los informes del Instituto Geográfico Nacional

El alumno aprenderá o repasará los parámetros que definen la localización espacio-temporal de los terremotos, tamaño, proceso de ruptura y valores de aceleración del suelo, interpretándolos en el marco de la sismicidad de una región. Un punto importante es el estudio de la precisión de los parámetros focales

La comparación de los resultados obtenidos por diferentes autores permitirá evaluar las características de la serie de La Palma asociada a la erupción volcánica y

su comparación con otras series.

Bibliografía:

Stein, S. y Wysession, M. (2003). An introduction to seismology earthquakes and earth structure. Blackwell Publ.

Udías, A. y Mézcua, J. Fundamentos de Geofísica. Alianza Universidad, 1997

<http://www.ign.es> (Informes series sísmicas)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica	
TÍTULO:	Esculpiendo la superficie de la Tierra: el reciclaje de las placas tectónicas	
TITLE:	Sculpting the surface of the Earth: recycling tectonic plates	
SUPERVISOR/ES:	Ana M. Negrodo Moreno	
e-mail Supervisor/es	amnegred@ucm.es	
NÚMERO DE PLAZAS:	2	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

1. Comprender la importancia de los procesos de reciclaje de la litosfera para la tectónica de placas.
2. Aproximación al conocimiento actual del estudio de estos procesos.
3. Caracterización física de los procesos de subducción oceánica y de delaminación continental. Comprensión de los procesos físicos involucrados y de las ecuaciones que los gobiernan.
4. Aplicación de las ecuaciones para calcular variables que puedan ser comparadas con las observaciones (observables).

METODOLOGÍA:

El/la alumno/a comenzará con una revisión bibliográfica de la temática del trabajo. Esta fase de estudio será progresiva y debe concluir con la comprensión del estado actual de conocimiento de los procesos de subducción oceánica y de delaminación continental. El alumno debe ser capaz de discutir qué aspectos han sido consensuados entre la comunidad científica y cuáles son controvertidos.

Posteriormente, el/la alumno/a realizará una revisión de las ecuaciones que rigen los procesos de reciclaje y las aplicará (realizando simplificaciones) para el cálculo de magnitudes que puedan ser comparadas con observaciones. Deberá discutir de manera crítica la importancia de las simplificaciones realizadas y comprender el carácter reduccionista de los modelos físicos.



Finalmente, el/la alumno/a realizará un estudio comparado entre las predicciones de los modelos y las observaciones globales.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Gerya, T. 'Numerical Geodynamic Modelling' Cambridge University Press.
2. Turcotte and Schubert, 2002, Geodynamics. Cambridge University Press.
3. Fowler, C.M.R., 2005, The Solid Earth: An Introduction to Global Geophysics, Cambridge University Press.
4. Bangerth, W.; Dannberg, J.; Gassmoeller, R.; Heister, T.; others (2020), ASPECT: Advanced Solver for Problems in Earth's ConvecTion, User Manual, doi: 10.6084/m9.figshare.4865333.v7
5. Recursos en internet. 'Lecture notes' de los cursos abiertos del MIT: Geodynamics: <http://ocw.mit.edu/courses/earth-atmospheric-andplanetarysciences/12-520-geodynamics-fall-2006/>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Jerks geomagnéticos: sacudidas bruscas del campo magnético de la Tierra	
Title:	Geomagnetic jerks: abrupt changes of the Earth's magnetic field	
Supervisor/es:	Francisco Javier Pavón Carrasco	
E-mail supervisor/es	fjpavon@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

El objetivo del trabajo que se oferta es analizar una de las características del campo magnético terrestres: sus sacudidas bruscas. El campo magnético de la Tierra generado en el núcleo externo de la Tierra sufre cada cierto tiempo (aproximadamente 3 – 4 años) unas variaciones bruscas que se denomina jerk geomagnético. En este trabajo se analizará la ocurrencia de los jerk en los últimos 20 años (2000 – 2021/22), analizando cómo estos evolucionan en la superficie de la Tierra y en el límite entre el manto terrestre y el núcleo externo.

Metodología:

El trabajo incluye varias actividades, desde la recopilación bibliográfica necesaria para entender el estado del arte en el ámbito del estudio que se propone, hasta el uso de datos procedentes de modelos de referencia del campo geomagnético. Para ello se hará uso de buscadores web de información bibliográfica (SCOPUS, Web of Knowledge, etc.) y se necesitará que el alumno/a esté familiarizado con software de programación (Matlab, Python, etc.) a nivel básico. Se requiere además conocimientos básicos de geofísica (por ejemplo, que haya cursado la asignatura Física de la Tierra).

Bibliografía:

Alken, P., Thébault, E., Beggan, C. D., Amit, H., Aubert, J., Baerenzung, J., ... & Zhou, B. (2021). International geomagnetic reference field: the thirteenth generation. *Earth, Planets and Space*, 73(1), 1-25.

Brown, W. J., J. E. Mound, and P. W. Livermore (2013), Jerks abound: An analysis of geomagnetic observatory data from 1957 to 2008, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 223, 62–76, doi:10.1016/j.pepi.2013.06.001.

Torta, J.M., F. J. Pavón-Carrasco, S. Marsal, and C. C. Finlay (2015), Evidence for a new geomagnetic jerk in 2014, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 7933–7940, doi:10.1002/2015GL065501.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Polos geomagnéticos ¿hacia dónde se están moviendo?	
Title:	Geomagnetic poles, where are they moving?	
Supervisor/es:	Francisco Javier Pavón Carrasco	
E-mail supervisor/es	fjpavon@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

El objetivo del trabajo que se oferta es analizar una de las características del campo magnético terrestre: la posición de los polos magnéticos terrestres. El campo magnético de la Tierra generado en el núcleo externo de la Tierra se caracteriza por dos puntos singulares: los polos magnéticos, donde el campo geomagnético es perpendicular a la superficie Terrestre. En este trabajo se analizará el movimiento de los polos magnéticos durante los últimos 200 años (1840 – 2021/22).

Metodología:

El trabajo incluye varias actividades, desde la recopilación bibliográfica necesaria para entender el estado del arte en el ámbito del estudio que se propone, hasta el uso de datos procedentes de modelos de referencia del campo geomagnético. Para ello se hará uso de buscadores web de información bibliográfica (SCOPUS, Web of Knowledge, etc.) y se necesitará que el alumno/a esté familiarizado con software de programación (Matlab, Python, etc.) a nivel básico. Se requiere además conocimientos básicos de geofísica (por ejemplo, que haya cursado la asignatura Física de la Tierra).

Bibliografía:

Alken, P., Thébault, E., Beggan, C. D., Amit, H., Aubert, J., Baerenzung, J., ... & Zhou, B. (2021). International geomagnetic reference field: the thirteenth generation. *Earth, Planets and Space*, 73(1), 1-25.

Finlay, C. C., Kloss, C., Olsen, N., Hammer, M. D., Tøffner-Clausen, L., Grayver, A., & Kuvshinov, A. (2020). The CHAOS-7 geomagnetic field model and observed changes in the South Atlantic Anomaly. *Earth, Planets and Space*, 72(1), 1-31.

Livermore, P. W., Finlay, C. C., & Bayliff, M. (2020). Recent north magnetic pole acceleration towards Siberia caused by flux lobe elongation. *Nature Geoscience*, 13(5), 387-391.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Geofísica en código abierto	
Title:	Open Source Geophysics	
Supervisor/es:	Juanjo Ledo	
E-mail supervisor/es	jledo@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Implementar en un entorno de código abierto (Python) los fundamentos físicos y matemáticos de un método geofísico, a elegir entre el alumno y el profesor, (electromagnetismo, campos potenciales, sísmica, ...) y aplicarlo a una situación con datos reales.

Metodología:

Una vez seleccionado el método geofísico, el alumno deberá de profundizar en sus fundamentos físico y matemáticos para poder establecer las hipótesis necesarias que permitan resolver las ecuaciones de manera numérica o analítica. De esta manera se podrán generar datos sintéticos a partir de las respuestas de los diferentes modelos estudiados. El uso de datos reales permitirá obtener un modelo geofísico del subsuelo, ya sea mediante la solución del problema inverso o por ensayo y error.

Conocimientos de programación en python necesarios.

Bibliografía:

- SIMPEG: Simulation and Parameter Estimation in Geophysics. <https://simpeg.xyz/>
- Lowrie, William (2007). "Fundamentals of Geophysics". Cambridge University Press.
- Telford, W. M., Geldart, L. P. y Sheriff, R. E. (1995). "Applied Geophysics (Second Edition)". Cambridge University Press.
- Udías Vallina, Agustín y Mezcua Rodriguez, Julio (1997). "Fundamentos de Geofísica". Alianza



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Introducción a técnicas de georadar para la determinación de estructuras del subsuelo en un entorno arqueológico	
Title:	Introduction to georadar techniques in order to determine underground structures in an archeological framework	
Supervisor/es:	FÁTIMA MARTÍN HERNÁNDEZ	
E-mail supervisor/es	fatima@fis.ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Familiarizarse con medidas, procesado y campañas de georadar (Ground Penetrating Radar) desde un punto de vista físico y sus aplicaciones. El trabajo consistirá en una combinación teórico-experimental orientado a la detección y estudio de anomalías del subsuelo en entornos arqueológicos.

Metodología:

- i) propagación de ondas electromagnéticas en el subsuelo
- ii) análisis de señales electromagnéticas en 2D
- iii) medidas de Georadar
- iv) interpretación

Bibliografía:

Fundamentals of Geophysics, W. Lowrie, A. Fichtner, Cambridge University Press, 2020

Introduction to Ground Penetrating Radar: Inverse Scattering and Data Processing, Raffaele Persico, 2014, ISBN:9781118835647



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Temperatura de Curie derivada del mapa de anomalías magnéticas en América Central y Caribe	
Title:	Curie temperature derived from the magnetic anomalies map in Central America and the Caribbean	
Supervisor/es:	FÁTIMA MARTÍN HERNÁNDEZ	
E-mail supervisor/es	fatima@fis.ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Conocer el origen físico e interpretación de los mapas de anomalías magnéticas en la Tierra. Entender y diferenciar imanaciones inducidas y remanentes en la litosfera y determinar la profundidad máxima a la que se puede encontrar la segunda, denominada Temperatura de Curie. Profundizar en métodos de cálculo de la profundidad de Curie por métodos espectrales.

Englobar el trabajo en la zona de Centro América y el Caribe como zona de gran interés para la determinación de la estructura de la litosfera en una zona de gran sismicidad.

Metodología:

- 1) Búsqueda de datos en bases de datos globales
- 2) Determinación de la zona de estudio
- 3) Análisis espectral del mapa de anomalías magnéticas
- 4) Cálculo de la Temperatura de Curie a partir del modelo de Fourier de transmisión del calor.

Bibliografía:

Hinze, W., Von Frese, R., & Saad, A. (2013). Gravity and Magnetic Exploration: Principles, Practices, and Applications. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511843129



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	FÍSICA DE LA TIERRA Y ASTROFÍSICA	
Título:	SI HABLARAN LAS PIEDRAS (1: PALEOMAGNETISMO / MAGNETISMO DE ROCAS): Posibles temáticas: Polaridades geomagnéticas/ remagnetizaciones / deriva continental/ deformación cortical/ identificación de minerales ferromagnéticos / ...	
Title:	THE TALKING STONES (1: PALEOMAGNETISM / ROCK MAGNETISM)	
Supervisor/es:	VICENTE CARLOS RUIZ MARTÍNEZ	
E-mail supervisor/es	vcarlos@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

OBJETIVOS:

-Comprensión teórica de las técnicas básicas de paleomagnetismo y magnetismo de rocas, y de las aplicaciones tectónicas y geomagnéticas derivadas del estudio de las componentes direccionales de las remanencias preservadas en las rocas de la corteza terrestre (paralelas a las del campo geomagnético en el pasado geológico).

-(OPCIÓN A): Realización de medidas experimentales en el Laboratorio de Paleomagnetismo de la UCM, eligiendo temática y litología entre las diferentes disponibles, incluyendo la posibilidad de realizar previamente un muestreo de rocas orientadas in situ, con las que trabajar posteriormente. Desarrollo de destrezas en medidas experimentales, para tratar de obtener resultados científicos de calidad.

-(OPCIÓN B): En caso de que no se elija -o no pueda ser posible- esta opción, se aportarán datos experimentales reales al estudiante (explicándole la metodología aplicada para su obtención), a elegir respecto a la temática y las litologías disponibles.

-Desarrollo de destrezas en el análisis e interpretación de datos experimentales de magnetismo de rocas y paleomagnéticos (haciendo uso de software libre específico), así como en la divulgación científica de las correspondientes conclusiones obtenidas en la temática elegida, en el marco de las Ciencias de la Tierra.

Metodología:

-Introducción, basada en los conocimientos adquiridos en el Grado, a (i) la bibliografía genérica sobre las técnicas básicas de magnetismo de rocas y paleomagnetismo; así como a (ii) la lectura de artículos científicos, aplicados a escenarios naturales, específicos de la temática específica finalmente escogida, y específicos también de la litología de estudio (flujos de lava / corrientes de densidad piroclásticas/ diques / plutones / gabros / distintas facies sedimentarias como areniscas, margas, calizas ...) y de sus correspondientes épocas geológicas y contextos geodinámicos.

-(OPCIÓN A): Medidas de la remanencia (con un magnetómetro giratorio JRA5) preservada en rocas tras cada paso de un protocolo de desmagnetización progresiva (térmica con horno Schonstedt o mediante la aplicación de campos alternos decrecientes con un aparato LDA5) y/o de experimentos de magnetismo de rocas en el laboratorio de paleomagnetismo de la UCM. Existe la posibilidad de considerar la realización previa de un muestreo de rocas orientadas in situ con las que trabajar posteriormente

-Cálculo de paleodirecciones del campo magnético terrestre, identificación de los minerales portadores de remanencias, e interpretación de los resultados (con ayuda del software libre específico *REMASOFT* –www.agico.com-; y eventualmente *GPLATES* –www.gplates.org-).

-Síntesis de la exposición de resultados y su discusión.

Bibliografía:

- Lanza, R. and Meloni, A. 2006, “*Basic Principles of Rock Magnetism*” chapter 2 in “*The Earth’s magnetism*”. Springer-Verlag, Berlin.
- Lanza, R. and Meloni, A. 2006, “*Paleomagnetism*” chapter 4 in “*The Earth’s magnetism*”. Springer-Verlag, Berlin.
- Tauxe, L. 2020, *Essentials of Paleomagnetism: Fifth Web Edition*. <https://earthref.org/MagIC/books/Tauxe/Essentials/>.
- Villalaín Santamaría, J. J. 2016. “*La historia del campo magnético terrestre registrada en las rocas. Fundamentos del Paleomagnetismo*”. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, Vol. 24-3, 261-274.
- Villalaín Santamaría, J. J. 2016. “*Técnicas en Paleomagnetismo*”. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, Vol. 24-3, 275-281.
- Artículos científicos, específicos sobre la temática elegida.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	FÍSICA DE LA TIERRA Y ASTROFÍSICA
Título:	SI HABLARAN LAS PIEDRAS (2: SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA / MAGNETISMO DE ROCAS): Posibles temáticas: Curvas termomagnéticas de susceptibilidad / Anisotropía de Susceptibilidad Magnética (ASM) y orientación preferente de minerales magnéticos / impronta de dinámicas de transporte magmático o sedimentario o paleo-esfuerzos tectónicos / identificación de minerales dia-, para- y ferromagnéticos...
Title:	THE TALKING STONES (2: MAGNETIC SUSCEPTIBILITY / ROCK MAGNETISM)
Supervisor/es:	VICENTE CARLOS RUIZ MARTÍNEZ
E-mail supervisor/es	vcarlos@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

OBJETIVOS:

-Comprensión de los aspectos teóricos básicos y aplicaciones del magnetismo de rocas incluyendo curvas de susceptibilidad con temperatura y/o de la técnica de "Anisotropía de la Susceptibilidad Magnética" (ASM) como método experimental aplicado a describir estadísticamente la fábrica magnética de las rocas y su relación con los esfuerzos causantes de la petrofábrica (paleoflujos magmáticos, paleocorrientes sedimentarias y/o paleoesfuerzos tectónicos).

-(OPCIÓN A): Eligiendo temática y litología, realización de medidas experimentales en el Laboratorio de Paleomagnetismo de la UCM de magnetismo de rocas incluyendo curvas termomagnéticas de susceptibilidad y/o de la técnica ASM en muestras naturales, donde se podría considerar además la posibilidad de realizar previamente un muestreo de rocas orientadas in situ, con las que trabajar posteriormente.

-(OPCIÓN B): En caso de que no se elija -o no pueda ser posible- esta opción, se aportarán datos experimentales reales al estudiante (explicándole la metodología aplicada para su obtención), eligiendo éste temática y tipo de litología entre las disponibles.

-Desarrollo de destrezas en el análisis e interpretación de datos experimentales de magnetismo de rocas y/o ASM (haciendo uso de software libre específico), así como en la divulgación científica de las correspondientes conclusiones obtenidas en la temática elegida, en el marco de las Ciencias de la Tierra.

Metodología:

-Introducción, basada en los conocimientos adquiridos en el Grado, a (i) la bibliografía genérica sobre las técnicas básicas de magnetismo de rocas incluyendo curvas de susceptibilidad con temperatura y/o de ASM; así como a (ii) la lectura de artículos científicos, aplicados a escenarios naturales, específicos de la temática específica finalmente escogida, y específicos también de la litología de estudio (flujos de lavas / corrientes de densidad piroclásticas / diques / plutones / gabros / distintas facies sedimentarias como areniscas, margas, calizas ...) y de sus correspondientes épocas geológicas y contextos geodinámicos.

-(OPCIÓN A): Medidas de experimentos de magnetismo de rocas, de la susceptibilidad magnética (y su evolución con la temperatura) y/o de la ASM utilizando el puente de susceptibilidad "KLY-4 kappa bridge" en el laboratorio de paleomagnetismo de la UCM. Existe la posibilidad de considerar la realización previa de un muestreo de rocas orientadas in situ con las que trabajar posteriormente (p.ej., en el magmatismo del Sistema Central).

-Con ayuda p.ej. del software libre específico *CUREVAL* y *ANISOFT* –www.agico.com- se identificarán los minerales magnéticos presentes y/o se interpretará la fábrica magnética medida en las rocas en las que se han realizado las medidas de ASM (fábrica deposicional vs. tectónica / evolución tectono-magmática).

-Síntesis de la exposición de resultados y su discusión.

Bibliografía:

- Lanza, R. and Meloni, A. 2006, "*Basic Principles of Rock Magnetism*" chapter 2 in "*The Earth's magnetism*". Springer-Verlag, Berlin.
- Lanza, R., Meloni, A. 2006. "*Magnetic Fabric of Rocks*", chapter 5 in "The Earth's magnetism", Springer-Verlag, Berlin.
- Soto, R. 2016. "*¿Qué nos indica la orientación preferente de minerales detectada a partir del estudio de la fábrica magnética?*". Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, Vol. 24-3, 261-274.
- Tauxe, L. 2020, *Essentials of Paleomagnetism: Fifth Web Edition*. <https://earthref.org/MagIC/books/Tauxe/Essentials/>.
- Artículos científicos, específicos sobre la temática elegida.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Determinación de propiedades físicas en galaxias cercanas usando espectroscopía 2D	
Title:	Physical properties in nearby galaxies using 2D spectroscopy	
Supervisor/es:	África Castillo Morales	
E-mail supervisor/es	acasmor@fis.ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	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. 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: al menos deberán 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 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Estudio de diagramas color-magnitud con datos de Gaia	
Title:	Study of colour-magnitude diagrams with Gaia data	
Supervisor/es:	David Montes Gutiérrez	
E-mail supervisor/es	dmontes@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	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 EDR3 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 como obtener todos los parámetros astrométricos y fotométricos que la misión *Gaia* proporciona y como 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 EARLY DATA RELEASE 3 (GAIA EDR3)
<https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/earlydr3>
- “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 2. Summary of the contents and survey properties”,
Gaia Collaboration: A.G.A. Brown, A. Vallenari, et al.
2018, A&A Special Issue on Gaia DR2, [2018A&A...616A...1G](#)
- “Gaia Data Release 2: Observational Hertzsprung-Russell diagrams”,
Gaia Collaboration, C. Babusiaux, F. van Leeuwen, et al.,
2018, A&A Special Issue on Gaia DR2, [2018A&A...616A..10G](#)
- “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 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Caracterización de sistemas exoplanetarios	
Title:	Characterization of exoplanetary systems	
Supervisor/es:	David Montes Gutiérrez	
E-mail supervisor/es	dmontes@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	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 determinar 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* y *Allesfitter* y se estudiará cuál 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

2020, AAS journals, [2020arXiv200314371G](#)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2021-22



Ficha de Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Distribución de masa en los centros de galaxias cercanas	
Title:	Mass distribution in the centers of nearby galaxies	
Supervisor/es:	Armando Gil de Paz	
E-mail Supervisor/es	agil@fis.ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El objetivo es determinar la cinemática de una muestra de galaxias espirales cercanas observadas con el instrumento MEGARA en el Gran Telescopio Canarias. Estos objetos han sido ya observados y sus datos procesados. L@s alumn@s tendrán que analizar los campos de velocidad radial de estos objetos (mediante el análisis del desplazamiento *Doppler* de las líneas de emisión del gas ionizado) para derivar un modelo para la distribución de la masa (estelar, de gas y oscura) de estos objetos. Compararán esos resultados con las propiedades globales disponibles en la literatura y con las predicciones de modelos teóricos.

METODOLOGÍA:

L@s alumn@s derivarán, a partir de datos del espectrógrafo de campo integral MEGARA en el Gran Telescopio Canarias que han sido ya observados y procesados, los mapas de velocidad radial de una muestra de galaxias espirales cercanas. Esto se hará a partir de la medida del desplazamiento *Doppler* de las líneas de emisión del gas ionizado más brillantes en cada región de estas galaxias. La distribución espacial de la velocidad radial les servirá a l@s alumn@s para determinar la curva de rotación, inclinación y centro cinemáticos de estos objetos. Utilizarán entonces diferentes modelos de la distribución (y cantidad total) de masa para las componentes de masa estelar, de gas y de materia oscura para reproducir dichas curvas de rotación. Finalmente, compilarán de la literatura las propiedades globales de los objetos y compararán sus resultados con las predicciones de simulaciones numéricas de formación de galaxias para la masa y distribución de estas componentes en función de dichas propiedades globales. En particular, analizarán la distribución de materia oscura en las regiones centrales de estos objetos y su acuerdo (o no) con las predicciones teóricas en el contexto del problema *core vs. cusp*.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



BIBLIOGRAFÍA:

Básica:

- An Introduction to Galaxies and Cosmology, M.H.Jones & J.A. Lambourne, The Open University Cambridge, edición 2007 (primera en 2003).
- 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.

Complementaria:

- Galactic Dynamics, J. Binney, S. Tremaine, 2a edición, Princeton, 2008.
- Galaxy Formation and Evolution, H.Mo, F.vandenBosch, S.White, Cambridge, 2010.
- Galactic Astronomy, J.Binney & M.Merrifield, Princeton, 1998.
- Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei, D. Osterbrock, University Science Books, 2006.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Introducción al análisis de datos astrofísicos usando estadística bayesiana	
Title:	Introduction to the analysis of astrophysical data using Bayesian statistics	
Supervisor/es:	Javier Gorgas	
E-mail supervisor/es	jgorgas@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

El objetivo es introducir al estudiante en el análisis de datos avanzado usando las más modernas técnicas bayesianas. En particular se impartirán al estudiante los conceptos básicos para poder usar el método computacional de Markov Chain Monte Carlo para resolver problemas de análisis de datos en el contexto de la estadística bayesiana. Como aplicación se usarán datos de interés astrofísico, como tablas de datos con propiedades físicas de galaxias cercanas, que se analizarán usando técnicas convencionales y bayesianas, comparando los resultados obtenidos.

Metodología:

Se proporcionarán al alumno presentaciones propias, en pdf y en video, que explican los conceptos básicos de la técnica de Markov Chain Monte Carlo (MCMC). A continuación, se entrenará al alumno en la programación en Stan (<https://mc-stan.org>), un lenguaje de alto nivel especialmente diseñado para MCMC. Con esto el alumno realizará algunos modelos muy simples antes de enfrentarse al análisis de los datos astrofísicos. El trabajo se centrará en aplicar técnicas de regresión lineal simple y múltiple, comparando los resultados que se obtienen por los métodos convencionales de mínimos cuadrados y los obtenidos con MCMC. En esta línea se reanalizarán algunos datos de la literatura astrofísica.

Es fundamental (prácticamente imprescindible) que el alumno tenga conocimientos previos de estadística básica y de programación en R, al nivel de los adquiridos en la asignatura de "Estadística y Análisis de Datos" de tercer curso. Asimismo, es recomendable tener conocimientos previos básicos de astrofísica, al nivel de los adquiridos en la asignatura "Astrofísica" de tercer curso.

Bibliografía:

- B. Lambert, A Student Guide to Bayesian Statistics, 2018, SAGE Publ. Ltd.
- J. K. Kruschke, Doing Bayesian Data Analysis – A Tutorial with R, JAGS and Stan, 2nd edition, Elsevier
- Página de Stan: <https://mc-stan.org>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica (FTA)	
Título:	Análisis de contaminación lumínica mediante medidas de brillo de cielo	
Title:	Study of Light Pollution using Night Sky Brightness observations	
Supervisor/es:	J. Zamorano	
E-mail supervisor/es	jzamorano@fis.ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Preparación de mapas de todo el cielo del brillo de cielo en lugares seleccionados dentro y en los alrededores de Madrid o en otros lugares de fácil acceso para los estudiantes. Los mapas seguirán el formato del proyecto NixNox <http://nixnox.stars4all.eu/>

El alumno deberá realizar una discusión razonada de los resultados. En particular sobre la localización y brillo de las fuentes contaminantes y la comparación con los datos de satélites artificiales.

Metodología:

Se facilitará a los alumnos un manual completo del procedimiento de uso de los fotómetros y de los métodos de medida. Se realizarán al menos 10 mapas usando los datos adquiridos y el software disponible.

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 "Astronomía Observacional". Finalmente, es importante que el alumno posea conocimientos de programación en lenguaje Python.

Aunque se ofrecen varias plazas para este TFG, a cada alumno se le asignarán lugares de medida diferentes y la selección de los mismos se hará en colaboración con el profesor, por lo que los resultados serán distintos en cada caso.

Se utilizarán fotómetros TAS (TESS Automatic scan) <https://tess.stars4all.eu/products/>

Habrá una reunión inicial con todos los alumnos, en la que se explicar  en el trabajo a realizar y se facilitará un guion detallado de todo el proceso. Se explicar  también a los estudiantes el material on-line disponible relacionado con este TFG.

Bibliografía:

Zamorano, Jaime, Sánchez de Miguel, Alejandro, Nievas Rosillo, Mireia, Tapia, Carlos (2014) NixNox procedure to build Night Sky Brightness maps from SQM photometers observations.
<http://eprints.ucm.es/26982/>

Zamorano, Sánchez de Miguel et al. "NIXNOX project: Sites in Spain where citizens can enjoy dark starry skies," SpS 17 XXVIII IAU –GA Beijing, 30/08/2012

http://www.sea-astronomia.es/drupal/sites/default/files/archivos/IAU2012_NIXNOX_Zamorano.pdf



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2021-22



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Relaciones estructurales de galaxias remotas a partir de los catálogos CANDELS y 3D-HST	
Title:	Structural relations of remote galaxies from the CANDELS and 3D-HST catalogues	
Supervisor/es:	Jesús Gallego Maestro	
E-mail Supervisor/es	j.gallego@ucm.es	
Número de plazas:	4	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

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 las exploraciones CANDELS y 3D-HST.

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). Se contempla la posibilidad de crear 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.

La página web se crearía 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 importante que el alumno posea conocimientos de programación en algún lenguaje (Python, C, Fortran, etc.) y de inglés para entender los manuales de los catálogos.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



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 2021-22

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica	
TÍTULO:	Tensor de inercia de estructuras a distintas escalas en simulaciones cosmológicas	
TITLE:	Inertia tensor of structures at different scales in cosmological simulations	
SUPERVISOR/ES:	M. Ángeles Gómez Flechoso	
e-mail Supervisor/es	magflechoso@ucm.es	
NÚMERO DE PLAZAS:	3	
ASIGNACIÓN DE TFG:	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 absolutamente necesarios 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:

Robles, S. et al(2015) MNRAS, 451, 486
Libeskind, N. I. et al (2015) MNRAS, 452,1052
Tempel, E. et al (2015) MNRAS, 450, 2727
Libeskind, N.I. et al (2013) MNRAS, 428, 2489



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2021-22



Ficha de Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Las estrellas masivas del entorno solar con <i>Gaia</i> EDR3	
Title:	Massive stars in the solar neighborhood with <i>Gaia</i> EDR3	
Supervisor/es:	Nicolás Cardiel López	
E-mail Supervisor/es	cardiel@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Analizar la distribución espacial y características de la población de estrellas masivas en un radio de varios kpc alrededor del Sol usando datos de la tercera liberación temprana de datos de la sonda *Gaia* de la Agencia Espacial Europea (EDR3). Entre los aspectos a analizar se podrán encontrar:

- Las diferencias entre las muestras de estrellas OB presentes en la primera ([Reed 2003](#)), la segunda ([Pantaleoni González y otros 2021](#)) y la nueva versión del catálogo Alma de estrellas luminosas (ALS).
- La relación entre las distribuciones espaciales de estrellas OB individuales, los cúmulos estelares jóvenes y las asociaciones OB ([Maíz Apellániz y otros 2020](#)).
- La búsqueda y análisis de estrellas fugitivas ([Maíz Apellániz y otros 2018](#)).
- La validación y comparación de la fotometría de Gaia entre las dos últimas liberaciones de datos ([Maíz Apellániz y Weiler 2018](#)).

METODOLOGÍA:

En una primera fase se realizará un cruzado de las muestras de los catálogos ALS I y ALS II con la astrometría de *Gaia* EDR3. En ella se verificarán las identificaciones de las estrellas OB en las referencias originales con la ayuda de fotometría, clasificaciones espectrales y búsquedas bibliográficas. En una segunda fase se añadirán estrellas no incluidas en las versiones anteriores del ALS.

Una vez obtenida la muestra se calcularán las distancias a las estrellas OB según la receta de [Maíz Apellániz y otros \(2021\)](#), de manera análoga al trabajo realizado en [Pantaleoni González y otros \(2021\)](#).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



Llegados a este punto, se analizará la muestra obtenida para decidir qué aspectos analizar más a fondo: los cúmulos jóvenes y asociaciones OB, las estrellas fugitivas o la validación de la fotometría de *Gaia*.

BIBLIOGRAFÍA:

- *Reanalysis of the Gaia Data Release 2 photometric sensitivity curves using HST/STIS spectrophotometry*. J Maíz Apellániz y M. Weiler (2018). [A&A 619, A180](#).
- *Search for Galactic runaway stars using Gaia Data Release 1 and HIPPARCOS proper motions*. J. Maíz Apellániz, M. Pantaleoni González y otros (2018). [A&A 616, A149](#).
- *The Villafranca catalog of Galactic OB groups. I. Systems with O2-O3.5 stars*. J. Maíz Apellániz y otros (2020). [A&A 643, A138](#).
- *Validation of the accuracy and precision of Gaia EDR3 parallaxes with globular clusters*. J. Maíz Apellániz, M. Pantaleoni González y R. H. Barbá (2021). [Aceptado en A&A](#).
- *The Alma catalog of OB stars. II. A cross-match with Gaia DR2 and an updated map of the solar neighbourhood*. M. Pantaleoni González, J. Maíz Apellániz y otros (2021). [MNRAS tmp, 794](#).
- *Catalog of Galactic OB stars*. B. C. Reed (2003). [AJ 125, 2531](#).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2021-22



Ficha de Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Elaboración de un modelo numérico de interior estelar	
Title:	Development of a stellar-interior numerical model	
Supervisor/es:	Sergio Pascual / Nicolás Cardiel	
E-mail Supervisor/es	sergiopr@fis.ucm.es / cardiel@ucm.es	
Número de plazas:	3	
Asignación de TFG:	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.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



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 importante 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 el profesor responsable 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 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Estudio local de la evolución temporal del brillo de cielo como estimador de la contaminación lumínica.	
Title:	Local study of the evolution of the night sky brightness as a proxy of light pollution	
Supervisor/es:	Sergio Pascual	
E-mail supervisor/es	sergiopr@fis.ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

El objetivo es estudiar la variación estacional y anual del brillo de fondo de cielo en varios lugares, usando datos públicos de la red de fotómetros TESS. La red TESS está compuesta por fotómetros que monitorizan el brillo de cielo como estimador de la contaminación lumínica. Estos fotómetros han sido instalados por voluntarios

La contaminación lumínica afecta no solo a la observación del cielo, sino que altera también ciclos biológicos, tanto humanos como en ecosistemas naturales.

Es recomendable conocer algún lenguaje de programación (Python, R) y se hará uso de técnicas estadísticas aplicadas a las series temporales.

Metodología:

El alumno dispondrá de datos de al menos dos lugares con una serie de datos de varios años en la red de fotómetros TESS. El alumno elegirá los lugares de la red y analizará la evolución estacional y anual del brillo del cielo, así como posibles diferencias entre lugares de medición.

Bibliografía:

Stars4all night sky brightness photometer Zamorano, J., García, C., Tapia, C., de Miguel, A. S., Pascual, S., & Gallego, J. 2017, International Journal of Sustainable Lighting, 18, 49.

Tess photometer manual. García, L., Zamorano, J., & Tapia, C. 2018,

Time Series Analysis and Its Applications, Robert H Shumway & David S Stoffer, 2006



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Abundancias químicas en galaxias con redes neuronales	
Title:	Chemical abundances in galaxies using neuronal networks	
Supervisor/es:	Patricia Sánchez-Blázquez	
E-mail supervisor/es	psanchezblazquez@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

- Entender los conceptos básicos de evolución química y poblaciones estelares simples.
- Familiarizarse con los tipos y aplicaciones de redes neuronales y de programación básica en python.
- Aplicación de una red neuronal a la determinación de abundancias químicas en espectros integrados.

Metodología:

- Revisión bibliográfica
- Entrenamiento de una red neuronal con modelos teóricos
- Comparación con observaciones.

Bibliografía:

- *Modelling the spectral energy distribution of galaxies: introducing the artificial neural network*, Silva et al. 2011, Mon. Not. R. Astron. Soc. 410, 2043–2056
- *Constraining stellar population parameters from narrow band photometric surveys using convolutional neural networks*, Liew-Cain et al., 2021, <https://arxiv.org/abs/2002.08278>
- *Early-type Galaxy Archeology: Ages, Abundance Ratios, and Effective Temperatures from Full-spectrum Fitting*, The Astrophysical Journal, Volume 780, Issue 1, article id. 33, 17



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Evolución química en cúmulos de galaxias	
Title:	Chemical evolution in galaxy clusters	
Supervisor/es:	Patricia Sánchez-Blázquez	
E-mail supervisor/es	psanchezblazquez@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

- Entender los conceptos básicos de evolución química, y los intercambios de gas entre galaxias y la estructura a gran escala.
- Analizar el caso especial de cúmulos de galaxias como sistema cerrado.
- Entender como se construye una simulación hidrodinámica en un contexto cosmológico.
- Analizar como influyen los diferentes ingredientes en una simulación a la evolución química de galaxias y medio intracumular.

Metodología:

- Revisión bibliográfica
- Análisis de la metalicidad y abundancias químicas relativas del gas y de las galaxias en diferentes simulaciones.
- Comparación con observaciones.

Bibliografía:

- *Chemical evolution on the scale of clusters of galaxies: a conundrum?* Alvio Renzini & Stefano Andreon, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 444, Issue 4, 11 November 2014
- L. Portinari, A. Moretti, C. Chiosi, *Proceedings of the XXI Moriond Conference: Galaxy Clusters and the High Redshift Universe Observed in X-rays*, 2001
- *Chemical evolution of galaxy clusters*, Ang Liu, Paolo Tozzi, Stefano Ettori, Sabrina De Grandi, Fabio Gastaldello, Piero Rosati, Colin Norman, 2020, *A&A*, 637, 58
- *Cosmological simulations of galaxy clusters* (<https://arxiv.org/abs/0906.4370>), S. Borgani & A. Kravtsov, 2009



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Física del Clima y Sociedad	
Title:	Climate and Society	
Supervisor/es:	Belén Rodríguez - Fonseca	
E-mail supervisor/es	Brfonsec@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Este trabajo pretende hacer un estudio sobre la importancia de la ciencia en nuestra sociedad y, en particular, sobre el estudio del clima y su variabilidad. En general, en una sociedad en la cual la ciencia es importante, se dedicarán más recursos a la investigación y el desarrollo de la misma irá en un camino diferente a la de una sociedad en la cual la ciencia no se tiene en cuenta. No obstante, las líneas de investigación prioritarias dependerán de las necesidades de la sociedad.

En particular, se pretende entender como el estudio del clima y su variabilidad ha afectado al desarrollo de la sociedad y como en aquellos países donde se ha hecho una inversión en este tipo de estudios, se ha avanzado en otros sectores de la sociedad. Ahondaremos en el estudio de los impactos en diferentes sectores, como el energético, alimentación, seguros, bolsa, pesca, agricultura, seguridad nacional, migraciones y salud pública, entendiendo tanto la posición científica como la reacción de la sociedad y el desarrollo de la misma atendiendo a cómo se ha entendido el Cambio Climático.

Metodología:

El trabajo se ha estructurado en dos partes. En una primera parte se hará un viaje por la historia, mediante la lectura de artículos científicos que analicen la relación bilateral entre ciencia y sociedad.

En una segunda parte se analizarán datos haciendo un estudio objetivo con diferentes parámetros con el fin de entender las relaciones entre las variables sociales y científicas a considerar. Se emplearán técnicas de "scraping" con el fin de encontrar datos en la web y analizar relaciones funcionales .

Bibliografía:

Dunlap, R. E., & Brulle, R. J. (Eds.). (2015). *Climate change and society: Sociological perspectives*. Oxford University Press.

Urry, J. (2015). *Climate change and society*. In *Why the social sciences matter* (pp. 45-59). Palgrave Macmillan, London.

Owen, R., Macnaghten, P., & Stilgoe, J. (2012). Responsible research and innovation: From science in society to science for society, with society. *Science and public policy*, 39(6), 751-760.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Impacto de la Variabilidad del Atlántico Tropical en el Clima	
Title:	Impact of Tropical Atlantic Variability on Climate	
Supervisor/es:	Teresa Losada Doval	
E-mail Supervisor/es	tlosadad@ucm.es	
Número de plazas:	3	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Entender la variabilidad del océano Atlántico tropical. Aprender el manejo de grandes bases de datos climáticos. Identificar patrones de temperatura del mar en el Atlántico tropical y estudiar su impacto en el clima de diferentes regiones.

METODOLOGÍA:

A partir de datos de temperatura de la superficie del mar se identificarán episodios de temperatura anómala y, mediante mapas de regresiones y correlaciones, se estudiará el impacto de dichos episodios en el clima.

BIBLIOGRAFÍA:

Mechoso, C. R., ed. (2020). *Interacting Climates of Ocean Basins: Observations, Mechanisms, Predictability and Impacts*. Cambridge UP.

Lubbecke et al (2018) Equatorial Atlantic variability —Modes, mechanisms, and global teleconnections. *WIREs Clim Change* 9 (4): e527

Hannachi, A., Jolliffe, I. T., & Stephenson, D. B. (2007). Empirical orthogonal functions and related techniques in atmospheric science: A review. *Int. J. of Clim.* 27(9), 1119-1152.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Características e impactos del fenómeno de El Niño – Oscilación del Sur	
Title:	Characteristics and impacts of the El Niño – Southern Oscillation	
Supervisor/es:	Elsa Mohino Harris	
E-mail Supervisor/es	emohino@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

- Conocer las principales características del fenómeno El Niño – Oscilación del Sur
- Conocer algunos de los impactos de este fenómeno en regiones remotas (teleconexiones)
- Manejo de software adecuado a la representación de campos climatológicos y sus anomalías.

METODOLOGÍA:

En un primer paso, el alumno realizará una revisión bibliográfica acerca de las principales características del fenómeno de El Niño – Oscilación del Sur, basándose en la bibliografía recomendada y en los artículos científicos específicos facilitados.

En un segundo paso, el alumno analizará datos de reanálisis y observaciones para caracterizar de forma práctica las condiciones que se observan durante episodios de este fenómeno. En particular, el alumno representará con software específico las anomalías de variables como la temperatura en superficie o la precipitación asociada a este fenómeno

Se recomienda que los alumnos tengan conocimientos básicos de Física de la Atmósfera, hayan cursado las asignaturas “Física de la Atmósfera” y “Estadística y Análisis de Datos” de 3º del Grado en Física y “Bases Físicas del Cambio Climático” de 4º del Grado en Física.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



BIBLIOGRAFÍA:

- Li, T., & Hsu, P.-chi. (2018). *Fundamentals of tropical climate dynamics* (Ser. Springer atmospheric sciences). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-59597-9>
- Mechoso, C. R., ed. (2020). *Interacting Climates of Ocean Basins: Observations, Mechanisms, Predictability and Impacts*. Cambridge UP.
- J. Gorgas, N Cardiel y J Zamorano: *Estadística básica para estudiantes de Ciencias*. UCM.
- Artículos científicos específicos sobre la dinámica del fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur y sobre alguno de sus impactos.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	El efecto de la pandemia en la contaminación atmosférica en ciudades españolas	
Title:	The effect of the pandemic on air pollution in Spanish cities	
Supervisor/es:	Rosa M. González Barras	
E-mail supervisor/es	barras@ucm.es	
Número de plazas:	3	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

El alumno realizará un estudio de los niveles de concentración de contaminantes atmosféricos en ciudades españolas durante el periodo del estado de alarma debido al virus SARS-CoV-2. La evolución temporal de estos niveles se compararán con años previos o/y entre diferentes fases.

Metodología:

El alumno dispondrá de los datos e información que proporcionan las comunidades autónomas en sus portales relativas a calidad del aire y meteorológica.

El alumno elegirá el/los periodo/s de tiempo a estudiar, así como las ciudades y los contaminantes. Se podrán considerar situaciones meteorológicas concretas.

El tratamiento de los datos así como su comparativa puede requerir el manejo de software o/y la creación de códigos propios.

Bibliografía:

Peña, D. (2014). Fundamentos de Estadística. Edición electrónica: alianzaeditorial.es. https://kupdf.net/download/fundamentos-de-estad-iacute-stica-daniel-pe-ntilde-a_590ddbdc0d60a931959e7c_pdf#

Ahrens, C.D. (2003). Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment. 7ª Edición. Brooks/Coles - Thomson Learning Inc.

Boubel, R.W., Donald, L.F., Turner, D.B. y Stern, A.C. (1994). Fundamentals of Air Pollution. 3ª Edición. Academic Press.

Gilbert, R.O. (1987). Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. Van Nostrand Reinhold Company.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Cambio climático: respuesta de la temperatura al forzamiento radiativo	
Title:	Climate change: temperature response to radiative forcing	
Supervisor/es:	J. Fidel González Rouco	
E-mail supervisor/es	fidelgr@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

- Comprender la relación entre la temperatura de equilibrio de la Tierra o una región de la misma y el balance energético.
- Comprender la relación entre cambios en el balance energéticos y cambios en la temperatura de equilibrio.
- Entender la diferencia entre variabilidad climática forzada y variabilidad interna
- Adquirir experiencia en programación y uso de bases de datos climáticas.

Metodología:

- 1.- Se realizará un análisis bibliográfico de textos y artículos relacionados con el tema.
- 2.- Se obtendrán los datos de cambios en factores de forzamiento que tienen una influencia en el sistema climático (variabilidad solar, volcanes, gases de efecto invernadero, etc) y de temperaturas en la zona de interés.
- 3.- Se analizará estadísticamente la relación entre los cambios de temperaturas en una región de interés y los factores que regulan la energía que entra en el planeta.

Bibliografía:

Stocker, T.F. et al., 2013: Technical Summary. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D.

Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Masson-Delmotte V., P. Zhai, H. O. Poertner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Pean, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor and T. Waterfield (Eds.), 2018: *Summary for Policymakers*, In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Masson-Delmotte, V., M. Schulz, A. Abe-Ouchi, J. Beer, A. Ganopolski, J. F. González Rouco, E. Jansen, K. Lambeck, J. Luterbacher, T. Naish, T. Osborn, B. Otto-Bliesner, T. Quinn, R. Ramesh, M. Rojas, X. Shao and A. Timmermann, 2013: Information from Paleoclimate Archives. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.

Todos estos textos están disponibles en:

<https://www.ipcc.ch/>

Para más información contactar con fidelgr@ucm.es



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Variabilidad climática en la Sierra de Guadarrama	
Title:	Climate variability in the Sierra de Guadarrama	
Supervisor/es:	J. Fidel González Rouco	
E-mail supervisor/es	fidelgr@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Analizar la evolución de variables climáticas de interés en la Sierra de Guadarrama en el contexto de la Red de Observación GuMNet (Guadarrama Monitoring Network; www.ucm.es/gumnet/).

Entender la relación entre los cambios atmosféricos y de subsuelo en la Sierra de Guadarrama y las variaciones climáticas a gran escala.

Adquirir experiencia en programación y uso de bases de datos climáticas.

Metodología:

- 1.- Se realizará un análisis bibliográfico de textos y artículos relacionados con la climatología en montaña.
- 2.- Se obtendrán los datos de variables relevantes en la zona de interés.
- 3.- Se estudiarán mediante métodos estadísticos y modelos el comportamiento de las variables climáticas de la red GuMNet y se relacionarán con variaciones climáticas a gran escala

Bibliografía:

- Barry, R.G. Mountain Weather and Climate; Cambridge University Press., 2008.
- Beniston, M. Mountain Climates and Climatic Change: An Overview of Processes Focusing on the European Alps. Pure Appl. Geophys. **2005**, 162, 1587–1606.

Spehn, E.; Koerner, C. Biodiversity in Mountains: A Natural Heritage Threatened by Climate Change. In *Mountains and Climate Change: From understanding to action*; Kohler, T.; Maselli, D., Eds.; Swiss Agency for Development and Cooperation SDC, 2009; pp. 42–47. [\[1\]](#)

Vegas-Cañas C., J. F. González-Rouco, J. Navarro-Montesinos, E. García-Bustamante, E. E. Lucio-Eceiza, F. García-Pereira, E. Rodríguez-Camino, A. Chazarra-Bernabé, and I. Álvarez-Arévalo: An assessment of observed and simulated temperature variability in the Sierra de Guadarrama. *Atmosphere*, 2020, 11, 985, DOI: [10.3390/atmos11090985](https://doi.org/10.3390/atmos11090985).

Para más información contactar con fidelgr@ucm.es



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

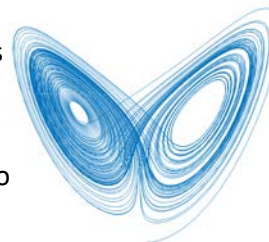


Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Los límites de la predicción meteorológica: Las ecuaciones de Lorenz y el efecto mariposa	
Title:	The limits of weather forecasting: Lorenz equations and the butterfly effect.	
Supervisor/es:	Álvaro de la Cámara Illescas	
E-mail supervisor/es	acamarai@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

En el año 1963, Eduard N. Lorenz publicó un estudio explorando las soluciones no periódicas de un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias que representan el comportamiento simplificado de la convección en la atmósfera. Este trabajo dio pie al conocido “efecto mariposa”.



Mediante la resolución numérica y análisis de estas ecuaciones, en este trabajo se estudiará la importancia de las condiciones iniciales a la hora de predecir el tiempo, los límites de la predicción meteorológica, y las ventajas de la predicción probabilística o por conjuntos frente a la predicción determinista.

Metodología:

- Programar la resolución numérica de las ecuaciones de Lorenz mediante un esquema de Runge-Kutta de 4º o 5º orden.
- Explorar el comportamiento de la solución para un amplio rango de parámetros y condiciones iniciales.
- Analizar la bondad del modelo prediciéndose a sí mismo.

Recomendado: Buen nivel de programación (Matlab, Python, o cualquier lenguaje avanzado). Haber cursado o estar cursando Física de la Atmósfera y Fundamentos de Meteorología.

Bibliografía:

Lorenz, E. N, 1963: Deterministic nonperiodic flows. *J. Atmos. Sci.*, 20, 130-141. [URL](#)
Santos Berruguete, C. (Ed.), 2018: Física del caos en la predicción meteorológica. Agencia Estatal de Meteorología, Madrid. DOI: [10.31978/014-18-009-X](https://doi.org/10.31978/014-18-009-X).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	La disminución de la criosfera: huella humana en el clima	
Title:	A diminishing cryosphere: human footprint on climate	
Supervisor/es:	Encarna Serrano Mendoza	
E-mail supervisor/es	eserrano@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

El objetivo principal es que el estudiante adquiera unos conocimientos suficientes para comprender los efectos en el clima de una menor presencia de hielo y nieve sobre la superficie del planeta (criosfera), así como la influencia de actividades humanas en la disminución de criosfera observada en las últimas décadas.

Para ello, se establecen los siguientes objetivos específicos:

1. Conocer las bases físicas del papel de la criosfera en el clima, así como las interacciones con otros componentes del sistema climático (atmósfera, hidrosfera, litosfera y biosfera).
2. Comprender cómo ciertas actividades antrópicas están asociadas con una disminución de la criosfera.
3. Realizar un estudio sobre el cambio observado en alguno de los componentes de la criosfera (hielo marino, nieve, glaciares, ...) en asociación con cambios en otro componente del sistema climático.

Metodología:

En una reunión inicial de planteamiento y objetivos del trabajo, la profesora orientará al estudiante sobre la lectura de referencias adecuadas, disponibles en la Biblioteca de la facultad y en la web.

A continuación, a partir del análisis del balance global de energía en superficie, el estudiante reconocerá el papel de la criosfera en este equilibrio, lo que determina a su vez la temperatura del aire en sus proximidades. En base a esta asociación se identificará la huella humana en la menor extensión de superficies heladas y nivosas, así como un destacable proceso de realimentación protagonizado por los cambios en la criosfera.

Seguidamente, y a elección del estudiante, éste realizará un estudio centrado en los cambios de un particular componente de la criosfera (hielo marino, nieve, glaciares, casquetes polares, etc...). La profesora supervisora del trabajo orientará al estudiante en esta parte, si lo

requiere. En particular, los informes elaborados por el *Panel Intergubernamental del Cambio Climático* (IPCC), disponibles en la web, aportarán al estudiante una ingente fuente de información para desarrollar el trabajo con el enfoque que desee. Asimismo se emplearán datos disponibles en portales de instituciones gubernamentales (de acceso libre).

Se requiere tener conocimientos de inglés escrito.

Bibliografía:

- Ahrens, C.D.: *Meteorology Today*. West Publ. Co. (varias ediciones, desde 1994 a 2019)
- Peixoto, J.P. & A.H. Oort : *Physics of Climate*. American Institute of Physics. (1992, 1995).
- Wallace J.M. & P.V. Hobbs: *Atmospheric Science: An Introductory Survey*. Academic Press (2006, 1977).

<http://www.ipcc.ch>

<https://www.ipcc.ch/srocc/>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica
Título:	Depresión Filomena: Análisis de una nevada extraordinaria en España
Title:	Storm Filomena: Analysis of an extraordinary snowfall event in Spain
Supervisor/es:	Carlos Román Cascón y Carlos Yagüe Anguís
E-mail Supervisor/es	carlosromancascon@ucm.es ; carlos@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Realizar un análisis a diferentes escalas (sinóptica, mesoescalar y a microescala) del episodio extraordinario de nevadas acontecido en enero de 2021 en gran parte del centro peninsular, y la ola de frío posterior. En el análisis, se tratará de determinar las causas del fenómeno, evaluar las predicciones de los modelos numéricos y de la AEMET, así como determinar la influencia del balance superficial de energía en las bajas temperaturas alcanzadas después de la nevada cuando la nieve aún permaneció en superficie durante varios días.

METODOLOGÍA:

Entre otros análisis se realizarán los siguientes:

- Análisis del comportamiento predictivo de modelos numéricos globales (ECMWF, GFS) y mesoescalares (HARMONIE, WRF), incluyendo herramientas de predicción probabilista.
- Análisis de imágenes de satélite y radar.
- Análisis de la ola de frío posterior, incluyendo el análisis del balance superficial de energía (SEB) en una estación rural del centro de la Península Ibérica.
- Análisis de los sistemas de avisos de AEMET. Alertas de Protección Civil.

BIBLIOGRAFÍA:

- Arya, S.P.A. (2001): Introduction to Micrometeorology. Academic Press. 2nd edition, 420 pp.
- Ahrens, C.D. & Henson, R. (2018): Meteorology Today. Cengage. 12th edition, 656 pp.
- Stull, R.B. (2017): Practical Meteorology: An Algebra-based Survey of Atmospheric Science. University of British Columbia, 926 pp.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Estudio de la turbulencia y su aplicación a la atmósfera terrestre	
Title:	Study of the turbulence and its application to the Earth's atmosphere	
Supervisor/es:	Carlos Yagüe Anguís y Carlos Román Cascón	
E-mail Supervisor/es	carlos@ucm.es ; carlosromancascon@ucm.es ;	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El objetivo principal de este trabajo es que el alumno realice un estudio bibliográfico del fenómeno físico de la turbulencia* en los fluidos, centrándose especialmente en la turbulencia observada en la baja atmósfera terrestre. Además, como parte aplicada del trabajo, de un modo relativamente sencillo, el alumno podría evaluar el carácter turbulento del flujo atmosférico a partir del análisis de series temporales procedentes de anemómetros sónicos.

(*) La turbulencia es un proceso físico asociado a la naturaleza aparentemente caótica de muchos flujos naturales, que se manifiesta en forma de fluctuaciones irregulares, casi aleatorias de la velocidad, temperatura o concentraciones de escalares (humedad, contaminantes, etc.) alrededor de sus valores medios en el tiempo y en el espacio.

METODOLOGÍA:

- Documentación de aspectos relacionados con la teoría de la turbulencia en dinámica de fluidos y en la atmósfera.

- Análisis de series temporales de alta frecuencia (10-20 Hz) procedentes de anemómetros sónicos instalados en campañas de campo micrometeorológicas: Evaluación y caracterización de la intensidad turbulenta en la baja atmósfera.

BIBLIOGRAFÍA:

- Arya, S.P.A. (2001): Introduction to Micrometeorology. Academic Press. 2nd edition, 420 pp.
- Stull, R. B. (1988): An Introduction to Boundary Layer Meteorology. Kluwer Academic Publishers, 666 pp.
- Stull, R.B. (2017): Practical Meteorology: An Algebra-based Survey of Atmospheric Science. University of British Columbia, 926 pp.
- Vilà-Guerau de Arellano, J., van Heerwaarden, C.C., Van Stratum, B. & Van den Dries, K. (2015): Atmospheric Boundary Layer: Integrating Air Chemistry and Land Interactions. Cambridge University Press, 270 pp.
- Wyngaard, J. C. (2010): Turbulence in the Atmosphere. Cambridge University Press, 393 pp.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	El agujero de ozono en el Ártico: el papel clave de la dinámica.	
Title:	The ozone hole in the Arctic: the key role of dynamics.	
Supervisor/es:	Natalia Calvo Fernández	
E-mail supervisor/es	nataliac@fis.ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Mínimos de ozono estratosférico ocurren todos los años sobre la Antártida durante la primavera austral formando lo que se conoce como el 'agujero de ozono'. En el Ártico, también aparece un agujero de ozono, más pequeño y mucho más variable, debido a la mayor variabilidad de la temperatura y viento en la estratosfera polar asociados a la mayor propagación vertical de ondas y mayor disipación y transferencia de momento en este hemisferio por la configuración de océanos y continentes. En los años en los que los valores de ozono en el Ártico son muy bajos, estos influyen en el clima en superficie en los meses posteriores. En este trabajo se estudiará la evolución del agujero de ozono Ártico a lo largo del invierno y primavera boreal, la influencia de la dinámica en dichos valores y su posible impacto en el clima en superficie.

METODOLOGÍA:

1. Se realizará una revisión bibliográfica de algunos artículos científicos relacionados con los mecanismos de destrucción de ozono, la influencia de la dinámica en dicha destrucción y las diferencias entre hemisferios.
2. A cada estudiante se le facilitarán los detalles sobre un invierno/primavera a estudiar.
3. Cada estudiante aprenderá el manejo de herramientas tales como reanálisis meteorológicos y observaciones satelitales para caracterizar la evolución del ozono estratosférico en el Hemisferio Norte y las condiciones dinámicas que modulan dichos valores para el año a estudiar.

4. Se estudiará también el posible impacto de esos valores anómalos de ozono en el clima en la troposfera y en superficie.

Se recomienda que los alumnos hayan cursado o estén cursando las siguientes asignaturas de 4º curso del Grado en Física: Fundamentos de Meteorología y Bases Físicas del Cambio Climático.

Bibliografía:

Ross J. Salawitch (Lead Author), David W. Fahey, Michaela I. Hegglin, Laura A. McBride, Walter R. Tribett, Sarah J. Doherty, *Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2018 Update, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2018*, 84 pp., World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 2019.

Otros recursos disponibles:

<https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/composites>

<https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>

<https://www.ozonelayer.noaa.gov/data/arctic.htm>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Pista de borrascas Atlántica y precipitación en Iberia	
Title:	Atlantic storm track and Iberian precipitation	
Supervisor/es:	Pablo Zurita Gotor	
E-mail supervisor/es	pzurita@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

- Entender el concepto de storm track y su importancia para la precipitación extratropical
- Aprender a manipular campos atmosféricos en malla y representarlos gráficamente.
- Adquirir nociones básicas de análisis de datos.
- Desarrollar capacidad crítica de interpretación de resultados.

Metodología:

En primer lugar, el alumno se familiarizará con el concepto de storm track usando la bibliografía suministrada por el tutor.

Posteriormente, el alumno desarrollará un método para estimar la storm track Atlántica a partir de la velocidad meridiana de escala sinóptica, filtrada usando un filtro simple de 24 horas. El alumno calculará cómo varía este campo para todos los inviernos del periodo pos-satelital usando datos de reanálisis.

Finalmente, el alumno usará una base de datos de precipitación para seleccionar inviernos con precipitación más copiosa y más escasa de lo normal en la Península Ibérica, y comparará la climatología de la storm track para ambas poblaciones.

Bibliografía:

- Chang, Lee and Swanson, 2002: Storm track dynamics. *J. Climate*, 15, 2163-2183
- Hoskins and Hodges, 2002: New perspectives on the Northern Hemisphere winter storm tracks. *J. Atmos. Sci.*, 59, 1041-1061
- Hoskins and Hodges, 2019: The annual cycle of Northern Hemisphere storm tracks. Part I: Seasons. *J. Climate*, 32, 1473-1460



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Extremos meteorológicos y climáticos	
Title:	Weather and climate extremes	
Supervisor/es:	Ricardo García Herrera y Carlos Ordóñez García	
E-mail supervisor/es	rgarciah@ucm.es ; carlordo@ucm.es	
Número de plazas:	4	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

El objetivo del TFG es aprender los fundamentos del análisis sinóptico de extremos meteorológicos y climáticos. Para ello el alumno deberá adquirir las siguientes habilidades:

- Uso de un reanálisis para obtención de datos
- Representación de campos meteorológicos
- Conocer los fundamentos de interpretación de campos meteorológicos

Metodología:

- Los alumnos elegirán un evento extremo entre el listado proporcionado por los supervisores o uno de su elección aprobado por los mismos.
- Manejo de un reanálisis. Para ello se realizará una presentación, de asistencia obligatoria, por parte de los supervisores. En ella se describirán los procedimientos a seguir.
- Identificación de las variables relevantes para su análisis. Dependiendo del tipo de evento extremo escogido, el alumno elegirá las variables de interés para realizar el análisis.
- Representación de los campos de variables y anomalías. Usando el reanálisis, los alumnos representarán las variables representativas del fenómeno, así como sus anomalías respecto a la climatología.
- Análisis meteorológico. Se identificarán los principales procesos sinópticos asociados al evento estudiado.

- Análisis climático. Se analizarán las anomalías de los diferentes campos, valorando las mismas respecto a las respectivas climatologías.
- Impactos asociados al evento. Los alumnos identificarán los principales impactos socioeconómicos asociados al evento.
- Elaboración de conclusiones.

Bibliografía:

- Manual para interpretación de campos meteorológicos: http://stream-ucm.es/MONOGRAFIAS/2014_Gonzalez-Roji_MsC.pdf
- Presentaciones en campus virtual.
- Martin J.E. (2006). Mid-Latitude Atmospheric Dynamics. J Wiley.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Proyecciones futuras de la corriente en chorro del Atlántico: el “tug-of-war” entre el Ártico y los trópicos	
Title:	Future projections of the Atlantic jet: tug-of-war between the Arctic and the tropics	
Supervisor/es:	Blanca Ayarzagüena Porras	
E-mail supervisor/es	bayarzag@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

No existe aún una idea clara sobre cómo cambiará la corriente en chorro del Atlántico Norte en el futuro como consecuencia del cambio climático. Parte de esta incertidumbre se debe a los efectos contrarios que sobre él tienen los calentamientos futuros en los Trópicos y en el Ártico, cada uno de los cuales modifica el gradiente latitudinal de temperatura en sentido contrario. En este TFG se analizarán los cambios futuros de la corriente en chorro simulados por modelos climáticos en función de la intensidad relativa de ambos calentamientos.

Los objetivos específicos del TFG serán:

- Aplicar los conocimientos aprendidos sobre dinámica atmosférica a la circulación troposférica del Atlántico Norte.
- Conocer los cambios de la corriente en chorro del Atlántico Norte en el futuro debido al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero y comprender físicamente el origen de estos cambios.
- Adquirir conocimientos en el manejo de salidas de modelos climáticos.

Metodología:

En primer lugar, el/la alumn@ se servirá de la bibliografía facilitada por la tutora, para aprender los conocimientos básicos que rigen la corriente en chorro del Atlántico Norte en invierno y realizará una búsqueda bibliográfica de los estudios más recientes sobre los cambios futuros de este chorro bajo condiciones de cambio climático.

Más tarde, el/la alumn@ caracterizará la corriente en chorro del Atlántico Norte y su respuesta al cambio climático antrópico en distintos modelos climáticos. En el análisis se estudiará la relación de esos cambios con el calentamiento tropical y el calentamiento polar. A continuación, el TFG1 se centrará en los cambios de la corriente en chorro detectados en

distintos escenarios de cambio climático, mientras que el TFG2 analizará los impactos en el clima europeo que tienen las distintas respuestas de la corriente en chorro al cambio climático.

Se recomienda que l@s alumn@s tengan conocimientos básicos de Física de la Atmósfera, hayan cursado las asignaturas “Física de la Atmósfera” y “Estadística y Análisis de Datos” de 3º del Grado en Física y/o vayan a cursar alguna de las asignaturas de “Bases físicas del Cambio Climático” y “Fundamentos de Meteorología” de 4º del Grado en Física.

Bibliografía:

1. Guión elaborado por la profesora responsable de la dirección del trabajo.
2. Peixoto, J.P. & A.H. Oort: Physics of Climate. American Institute of Physics. (1992, 1995).
3. J.M. Wallace y P.V. Hobbs (1977, 1st Edn ; 2006, 2nd Edn). Atmospheric Science: An Introductory Survey. Academic Press. Elsevier.
4. IPCC, 2013: Resumen para responsables de políticas, Resumen técnico y Preguntas frecuentes. En: Cambio climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
5. J. Gorgas, N Cardiel y J Zamorano: Estadística básica para estudiantes de Ciencias. UCM.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Ondas de Rossby en la atmósfera	
Title:	Rossby waves in the atmosphere	
Supervisor/es:	Marta Ábalos Álvarez	
E-mail Supervisor/es	mabalosa@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

La presencia de ondas de Rossby produce meandros (vaguadas y dorsales) en la corriente en chorro en la alta troposfera, que determinan el tiempo meteorológico en superficie. Además, algunas de estas ondas pueden propagarse verticalmente hacia la estratosfera, donde afectan al vórtice polar y a la concentración de ozono. En este trabajo se identificarán las ondas de Rossby en la alta troposfera o la estratosfera (cada TFG se centrará en una capa), estudiando sus características espectrales. Los objetivos concretos son:

- Familiarizarse con las características básicas de las ondas de Rossby en la atmósfera extratropical, una componente fundamental de la dinámica atmosférica.
- Aprender a realizar e interpretar un análisis espectral utilizando software de análisis de datos científicos.

METODOLOGÍA:

En primer lugar, se realizará una revisión bibliográfica guiada por la tutora de los conceptos básicos de las ondas de Rossby atmosféricas. A partir de datos del reanálisis ERA-5 del Centro Europeo de Predicción a Medio Plazo (ECMWF), se realizará una descomposición espectral en números de onda zonal del campo de velocidad meridional. Para ello se empleará la transformada rápida de Fourier en Matlab o Python. Se identificarán las ondas estacionarias y transitorias, y se estimará su velocidad de fase de las últimas a partir de diagramas de Hovmöller, interpretando los resultados con respecto al flujo básico zonal. Se podrá elegir un hemisferio o comparar las ondas en ambos hemisferios.

BIBLIOGRAFÍA:

Holton, 2004, 'An introduction to dynamic meteorology'. Academic Press. 4th edition.

Vallis, 2017, 'Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics. Fundamentals and Large Scale Circulation'. 2nd Edition, Cambridge University Press.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Estudio de ciclones con evolución a huracanes próximos a la Península Ibérica y/o las Islas Canarias	
Title:	Study of cyclones with an evolution to hurricanes nearby the Iberian Peninsula and/or the Canary Islands	
Supervisor/es:	Mariano Sastre Marugán	
E-mail supervisor/es	msastrem@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

- Adquirir conocimientos básicos de meteorología relacionados con la dinámica atmosférica a escala sinóptica y la evolución de ciclones.
- Estudiar algún ciclón atmosférico que haya evolucionado a un sistema con características similares a las de un huracán, y que por su proximidad haya afectado al entorno de la Península Ibérica y/o las Islas Canarias.
- Familiarizarse con bibliografía especializada de Ciencias Atmosféricas.
- Adquirir cierta destreza en el manejo de datos meteorológicos y las salidas proporcionadas por un modelo mesoescalar.

Metodología:

Se trabajará con bibliografía especializada para adquirir el marco conceptual adecuado. Se seleccionará el/los evento/s a estudiar, considerando que se cumplan las características y criterios especificados. Se analizarán las principales variables meteorológicas y campos atmosféricos a partir de simulaciones realizadas con un modelo meteorológico mesoescalar.

Es recomendable haber superado o estar cursando las asignaturas "Física de la Atmósfera" (3º), "Fundamentos de Meteorología" (4º), "Geofísica y Meteorología Aplicadas" (4º) y "Bases Físicas del Cambio Climático" (4º).

Bibliografía:

- C.D. Ahrens y R. Henson (2018). Meteorology Today, 12ª edición. Cengage.
- R.B. Stull (2017). Practical Meteorology: An Algebra-based Survey of Atmospheric Science. U British Columbia. https://www.eoas.ubc.ca/books/Practical_Meteorology

- J.M. Wallace y P.V. Hobbs (2006). Atmospheric Science: An Introductory Survey, 2ª edición. Academic Press, Elsevier.
- Publicaciones en revistas especializadas (se proporcionarán a los estudiantes).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Respuesta del manto de hielo Antártico al cambio climático abrupto	
Title:	Antarctic Ice Sheet response to abrupt climate change	
Supervisor/es:	Javier Blasco Navarro & María Luisa Montoya Redondo	
E-mail supervisor/es	jablasco@ucm.es; mmontoya@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

El manto de hielo de la Antártida es el mayor manto de hielo existente en la actualidad. Su desaparición conllevaría un aumento global del nivel del mar de casi 60 metros. Su sector occidental es especialmente vulnerable al tratarse de un manto de hielo llamado marino. Esto quiere decir que la base se encuentra posada sobre el lecho rocoso por debajo del nivel del mar, con lo que está en contacto directo con el océano. En consecuencia, la Antártida es especialmente vulnerable a cambios en la temperatura del océano, en particular derivados del cambio climático (**Pattyn et al. 2020**). El objetivo de este trabajo es analizar la respuesta del manto de hielo Antártico a los cambios climáticos abruptos, tales como los que tuvieron lugar durante el último periodo glacial.

Metodología:

Se utilizará un modelo tridimensional estado del arte del manto de hielo de la Antártida, construido por nuestro grupo (**Robinson et al. 2020**). Partiendo de las condiciones climáticas de equilibrio, se impondrán variaciones de la temperatura del Océano Antártico a escalas de tiempo milenarias y se estudiará la respuesta del manto Antártico. Se realizarán simulaciones en modo *ensemble* para tener en cuenta la incertidumbre de los parámetros del modelo. Se compararán los resultados con resultados previos de nuestro grupo en versiones previas del modelo (**Blasco et al. 2019**).

Bibliografía:

Blasco, J., Tabone, I., Alvarez-Solas, J., Robinson, A., and Montoya, M.: The Antarctic Ice Sheet response to glacial millennial-scale variability, *Clim. Past*, 15, 121–133, <https://doi.org/10.5194/cp-15-121-2019>, 2019.

Pattyn, F., & Morlighem, M. (2020). The uncertain future of the Antarctic Ice Sheet. *Science*, 367(6484), 1331-1335, doi 10.1126/science.aaz5487

Robinson, A., Alvarez-Solas, J., Montoya, M., Goelzer, H., Greve, R., and Ritz, C.: Description and validation of the ice-sheet model Yelmo (version 1.0), *Geosci. Model Dev.*, 13, 2805–2823, <https://doi.org/10.5194/gmd-13-2805-2020>, 2020.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Estudio de la Circulación oceánica del Atlántico: variabilidad de los transportes observados en 26°N	
Title:	Atlantic Ocean Circulation Study: variability of observed transports at 26°N	
Supervisor/es:	Irene Polo	
E-mail supervisor/es	ipolo@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

- Entender la circulación Meridional de Retorno del atlántico (AMOC) media y en particular en latitudes subtropicales (26°N)
- Entender su importancia en el clima global y cómo se está observando la AMOC en 26°N
- Identificar años anómalos de la AMOC y su posible forzamiento atmosférico y/o de su impacto en la temperatura del océano superior.

Metodología:

Revisión bibliográfica sobre la AMOC. Definición, impactos y causas de su variabilidad. Cómo se realiza la observación de la AMOC en 26°N. Uso de las series temporales de la AMOC observada a 26°N. Cálculo de la media y de las desviaciones. Cálculo de las anomalías interanuales. Identificación de eventos extremos. Evaluación de los posibles forzamientos (patrones de vientos superficiales asociados) y/o de los posibles impactos (temperatura del océano Atlántico).

Bibliografía:

- Introduction to geophysical fluid dynamics, B. Cushman-Roisin y J. Beckers (Academic Press, 2ª Edición, 2011).
- Atmosphere, Ocean and Climate Dynamics, J. Marshall y A. Plumb (Academic Press 2007).
- Descriptive physical oceanography, L. Talley, G. Pickard, W. Emery y J Swift (Elsevier, 6ª Edición, 2011).

- Buckley, M. W. y J. Marshall (2016), Observations, inferences, and mechanisms of Atlantic Meridional Overturning Circulation variability: A review, *Rev. Geophys.*, 54, 5–63, doi:10.1002/2015RG000493.
- Frajka-Williams, E. y co-autores. (2019) Atlantic Meridional Overturning Circulation: Observed Transport and Variability. *Frontiers in Marine Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00260>
- McCarthy G.D., D.A. Smeed, W.E. Johns, E. Frajka-Williams, B.I. Moat, D. Rayner, M.O. Baringer, C.S. Meinen, J. Collins y H.L. Bryden (2015) Measuring the Atlantic Meridional Overturning Circulation at 26N. *Progress Oceanogr.* 130, 91-111.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-2022

Ficha de Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Interacción clima-hielo en los ciclos glaciales-interglaciales	
Title:	Coupled Ice-climate interactions for glacial-interglacial cycles	
Supervisor/es:	Jorge Álvarez Solas	
E-mail supervisor/es	jalvar02@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Durante los últimos 3 millones de años, el clima de la Tierra ha estado oscilando entre períodos glaciales más fríos que el actual y períodos interglaciales similares al clima del Holoceno. En período glacial dos mantos de hielo adicionales crecen en la superficie de la Tierra: el manto Laurentino que ocupa gran parte de Norte América y el manto fenoscandinavo situado en el continente Euroasiático, que se suman a los mantos actuales de Groenlandia y la Antártida. Durante una transición de glacial a interglacial estas grandes masas de hielo desaparecen como resultado del aumento de la insolación y del CO₂ atmosférico. Sin embargo, los procesos de interacción entre la criosfera y el resto del sistema climático durante las deglaciaciones no han sido suficientemente identificados. En particular, los mecanismos que permiten una periodicidad glacial-interglacial de ~40 o de ~100 ka están abiertos todavía a discusión.

El presente trabajo aborda esta temática desde el punto de vista de la modelación conceptual. El objetivo consiste en determinar cuál es el número mínimo de procesos climáticos que permiten simular unos mantos que evolucionan de acuerdo con los datos durante las deglaciaciones

METODOLOGÍA:

Se usará un modelo conceptual escrito en fortran que simula la evolución del hielo terrestre del Hemisferio Norte como consecuencia de un clima cambiante. Se estudiará qué procesos climáticos y su grado de detalle son necesarios para simular las deglaciaciones satisfactoriamente.

BIBLIOGRAFÍA:

Paillard, D. and F. Parrenin, 2004: The Antarctic ice sheet and the triggering of deglaciations. *Earth and Planetary Science Letters*, 227, 263–271.

Clark, P. U., & Pollard, D. (1998). Origin of the middle Pleistocene transition by ice sheet erosion of regolith. *Paleoceanography*, 13 (1), 1-9.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Impacto del flujo geotérmico en el manto de hielo de Groenlandia	
Title:	Impact of geothermal heat flow on Greenland ice sheet dynamics	
Supervisor/es:	Alexander Robinson	
E-mail supervisor/es	robinson@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

El manto de hielo de Groenlandia se ve afectado por sus condiciones de contorno: temperatura y precipitación en la superficie, y la topografía y flujo geotérmico en la base, entre otros. El flujo geotérmico tiene un efecto termodinámico muy importante, que facilita la formación de flujo rápido en el hielo. Sin embargo, no existen observaciones directas del flujo, lo que conlleva una gran incertidumbre en la dinámica de hielo. El objetivo de este trabajo es estudiar el efecto de diferentes estimaciones del flujo geotérmico en la dinámica del manto de hielo de Groenlandia.

Metodología:

Para este estudio se usará el modelo 3D dinámico-termodinámico de mantos de hielo, Yelmo (<https://palma-ice.github.io/yelmo-docs/>, Robinson et al., 2020). Se llevarán a cabo simulaciones del manto de hielo de Groenlandia en su configuración de hoy, probando distintas reconstrucciones de flujo geotérmico (e.g., Martos et al., 2018). Se analizarán los resultados, comparando las simulaciones con observaciones de características del manto de hielo (distribución de hielo, velocidades, etc.).

Bibliografía:

Martos, Y. M., Jordan, T. A., Catalán, M., Jordan, T. M., Bamber, J. L. and Vaughan, D. G.: Geothermal Heat Flux Reveals the Iceland Hotspot Track Underneath Greenland, 45, 16, doi:10.1029/2018GL078289, 2018.

Robinson, A., Alvarez-Solas, J., Montoya, M., Goelzer, H., Greve, R. and Ritz, C.: Description and validation of the ice-sheet model Yelmo (version 1.0), Geosci. Model Dev., 13, 2805–2823, doi:10.5194/gmd-13-2805-2020, 2020.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Reconstrucción histórico-jerárquica de los alcances científicos más destacados para el núcleo interno de la Tierra.	
Title:	Historical-hierarchical reconstruction of the most outstanding scientific achievements for the Earth's inner core.	
Supervisor/es:	Maurizio Mattesini	
E-mail supervisor/es	mmattesi@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/>	Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

Objetivos:

El objetivo a alcanzar en este TFG es ordenar cronológicamente y jerárquicamente todos los conocimientos científicos más destacados que se han producido durante los últimos 20 años para el núcleo interno de la Tierra. Con ello se pretende que el alumno consiga una visión actualizada y crítica del centro de nuestro Planeta, seleccionando cuidadosamente sólo aquellos alcances científicos que, según él, nos han permitido entender mejor el funcionamiento y la evolución del interior de la Tierra. Se requiere un trabajo bibliográfico fino, que permita distinguir entre las publicaciones que han tenido verdaderas secuelas en el conocimiento científico y aquellas que han demostrado carecer de fundamentos.

Metodología:

Se propone una labor basada principalmente en la búsqueda bibliográfica guiada por el profesor responsable, en donde el alumno es llamado a evaluar y seleccionar por sí mismo los trabajos que mejor han marcado nuestro desarrollo cognitivo sobre el núcleo sólido de la Tierra. El alumno redactará un informe final detallado, desglosando toda la información adquirida en su búsqueda bibliográfica, en el cual se evidenciarán claramente los principales pasos históricos. Se le pedirá también enlazar las distintas etapas históricas con los avances específicos en las ramas de geofísica y física de la materia condensada. La principal herramienta de trabajo será el uso de bases de datos, tal como el Web of Science, Inspec, Medline, ScienceDirect etc...y, por supuesto, los recursos de la Biblioteca de CC. Físicas. Se requieren conocimientos básicos de geofísica y física de estado sólido, típicos de un graduado en física.

Bibliografía:

The Solid Earth, An Introduction to Global Geophysics, by C. M. R. Flower, Cambridge University Press; ISBN: 0 521 89307 0. Core Dynamics, Treatise on Geophysics, vol. 8, by Dr. Peter Olson (Ed), Elsevier, 2009; ISBN: 978-0-444-53457-6



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	Aplicaciones de la sismica activa y pasiva a estudios geotécnicos y de zonificación sísmica.	
Title:	Active and passive seismic applications to geotechnical studies and seismic zoning.	
Supervisor/es:	Diego Córdoba Barba	
E-mail supervisor/es	dcordoba@fis.ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/>	Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

Objetivos:

Conocer los distintos métodos sísmicos que proporcionan los parámetros físicos necesarios para desvelar la estructura interna de la Tierra a escala superficial para su aplicación en estudios geotécnicos y de zonificación sísmica.

Comprender los principios físicos y las técnicas empleadas en los experimentos de sismica activa y pasiva y aprender cómo deducir, a partir de ellos, las propiedades de la Tierra.

Metodología:

Búsqueda bibliográfica para aproximarse a los diferentes métodos sísmicos que permiten deducir la estructura de la Tierra y estudio de las características fundamentales de la sismica de reflexión y de refracción.

Comprensión, mediante la lectura crítica de trabajos científicos, de los aspectos generales de un experimento de sismica pasiva y de sismica activa y de cómo se obtienen los parámetros físicos necesarios para deducir la estructura de la Tierra.

Aplicación a una determinada región terrestre

Bibliografía:

1. R.E. Sheriff, "Geophysical methods". Prentice Hall, Englewood Cliffs. New Jersey, U.S.A. ISBN 0-13-352568-6. (1989).
2. E.J.W. Jones, "Marine Geophysics". John Wiley & Sons Ltd, New Jersey, USA, ISBN 0-471-98694-1 (1999).
3. M. Bacon, R. Simm, T. Redshaw. "Seismic Interpretation". Cambridge University Press, Cambridge, UK ISBN 0-521-20670-7, (1976).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2021-22

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica	
Título:	El Campo de Gravedad aplicado al estudio del interior de la Tierra	
Title:	The Gravity Field applied to the study of the Earth interior	
Supervisor/es:	Diego Córdoba Barba	
E-mail supervisor/es	dcordoba@fis.ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/>	Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

Objetivos:

Conocer cómo se puede aplicar la información proporcionada por el campo de gravedad para investigar la estructura del interior de la Tierra, así como la información que aporta a otros métodos geofísicos, como los basados en la propagación de ondas sísmicas.

Comprender los principios físicos y las técnicas empleadas en los experimentos de adquisición de datos de gravedad y aprender cómo deducir, a partir de ellos, la estructura del interior de la Tierra.

Metodología:

Búsqueda bibliográfica para aproximarse a los diferentes métodos gravimétricos que permiten deducir la estructura de la Tierra y estudio de las características fundamentales metodológicas de la gravimetría.

Comprensión, mediante la lectura crítica de trabajos científicos, de los aspectos generales de un experimento de adquisición de datos geofísicos en los que se utilizan gravímetros marinos, o terrestres y de cómo se obtienen los parámetros físicos necesarios para deducir la estructura de la Litosfera.

Aplicación a una determinada región terrestre.

Bibliografía:

1. R.E. Sheriff, "Geophysical methods". Prentice Hall, Englewood Cliffs. New Jersey, U.S.A. ISBN 0-13-352568-6. (1989).
2. W. Torge. 1989, *Gravimetry*. Walter de Gruyter, Berlín,
3. W. M. Telford, L.P. Geldart y R.E. Sheriff. 1990, *Applied Geophysics*, Second Edition. Cambridge University Press.