



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| Departamento: | Física de la Tierra y Astrofísica | |
| Título: | Daños producidos por el terremoto de 1884, Arenas del Rey (Granada, $I_{max}=X$) | |
| Title: | Damage caused by the 1884 Arenas del Rey (Granada Earthquake ($I_{max}=X$)) | |
| Supervisor/es: | E. Buforn | |
| E-mail supervisor/es | ebufornp@ucm.es | |
| Número de plazas: | 2 | |
| Asignación de TFG: | Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> | Selección por expediente <input type="checkbox"/> |

Objetivos: Conocer los fuentes de información disponibles en el caso de terremotos históricos para los que no se dispone de sismogramas. Clasificar la información disponible en función de daños en edificios y estructuras o en el terreno. Clasificación de la información en fuentes primarias y secundarias, recopilación de fotografías y grabados de la época.

Metodología: El alumno deberá realizar una búsqueda bibliográfica en hemerotecas, bibliotecas y archivos locales sobre los daños causados por el terremoto de 1884. Se clasificará esta información en función de su origen y se comprobará en la base de datos del Instituto Geográfico Nacional si se trata de información ya conocida o se trata de nueva información. El alumno aprenderá o repasará los métodos para la evaluación de la intensidad, problema de contaminación de las fuentes y mala transmisión de la información.

Bibliografía:

<http://www.ign.es>

IGN (1980). *El terremoto de Andalucía del 25 de diciembre de 1884*. Instituto Geográfico Nacional, Madrid.

<http://www.ign.es/web/resources/sismologia/publicaciones/Andalucia1884.pdf>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo Fin de Grado

| | | |
|---------------------------|---|---|
| DEPARTAMENTO: | Física de la Tierra y Astrofísica | |
| TÍTULO: | Métodos sísmicos aplicados a la investigación de la Litosfera | |
| TITLE: | Seismic methods applied to the Lithospheric research | |
| SUPERVISOR/ES: | Diego Córdoba Barba | |
| NÚMERO DE PLAZAS: | 1 | |
| ASIGNACIÓN DE TFG: | Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> | Selección por expediente <input type="checkbox"/> |

OBJETIVOS: Conocer los distintos métodos sísmicos que proporcionan los parámetros físicos necesarios para desvelar la estructura interna de la Tierra a escala litosférica.

Comprender los principios físicos y las técnicas empleadas en los experimentos de sísmica activa y aprender cómo deducir, a partir de ellos, la estructura de la Litosfera.

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 sísmica de reflexión y de refracción.

Comprensión, mediante la lectura crítica de trabajos científicos, de los aspectos generales de un experimento de perfiles sísmicos profundos 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. 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 2022-23

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.

Altamente recomendable tener conocimientos de programación en python.

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 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

| | | |
|-----------------------------|--|---|
| Departamento: | FTA | |
| Título: | Identificación de fases magnéticas en sedimentos del Mar Menor | |
| Title: | Identification of magnetic phases in sediments from the Mar Menor Lake | |
| Supervisor/es: | Fátima Martín Hernández | |
| E-mail supervisor/es | fatima@ucm.es | |
| Número de plazas: | 1 | |
| Asignación de TFG: | Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> | Selección por expediente <input type="checkbox"/> |

Objetivos:

Familiarizarse con las técnicas experimentales de identificación de minerales magnéticos en sedimentos naturales por medidas de magnetismo de rocas. También la preparación de muestras en el ámbito de magnetismo ambiental y el diseño de experimentos. Conocer la presencia de diferentes fases magnéticas dependiendo de las condiciones ambientales.

Metodología:

El trabajo se estructura en tres elementos formativos.

1. Preparación de muestras de sedimentos de lago a partir de testigos. Secado de muestras y preparación en cápsulas.
2. Diseño de experimentos y medidas
3. Análisis de datos y comparación de datos reportados en la literatura.

Bibliografía:

Lowrie, W., 2007, *Fundamentals of Geophysics*. Cambridge University Press.

Tauxe, L. (2010), *Essentials of Paleomagnetism*. University of California Press.

<http://www.geo.arizona.edu/Paleomag/book/> (PALEOMAGNETISM: Magnetic Domains to Geologic Terranes; by Robert F. Butler)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| Departamento: | FTA | |
| Título: | Georadar como técnica de detección de estructuras enterradas en Geofísica | |
| Title: | Georadar as infrastructure detection technique in Geophysics | |
| Supervisor/es: | Fátima Martín Hernández | |
| E-mail supervisor/es | fatima@ucm.es | |
| Número de plazas: | 1 | |
| Asignación de TFG: | Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> | Selección por expediente <input type="checkbox"/> |

Objetivos:

Conocer el funcionamiento, potencial y aplicaciones del georadar (“Ground Penetrating Radar”) como técnica de auscultación del subsuelo en estudios de Geofísica Aplicada. Familiarizarse con el procesado básico y aplicaciones en 2D y construcción de mapas de anomalías.

Metodología:

El trabajo se estructura en tres elementos formativos.

1. Base físico-matemática y funcionamiento del georadar.
2. Procesado de señales estándar de georadar
3. Elaboración de un trabajo de prospección geofísica con el uso de georadar.

Bibliografía:

Telford, W.M., L.P. Geldart and R. E. Sheriff, 1990, *Applied Geophysics*, Society of Cambridge

University Press.

Milsom, J. J., and Eriksen. A. *Field Geophysics (Geological Field Guide)*, 2011, Willey and Sons, 304 pag.

Lowrie, W., 2007, *Fundamentals of Geophysics*, Cambridge University Press



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo Fin de Grado

| | | |
|-----------------------------|--|---|
| DEPARTAMENTO: | Física de la Tierra y Astrofísica | |
| TÍTULO: | Perspectiva física del origen y evolución de la Tierra | |
| TITLE: | Physics view on the origin and evolution of the Earth | |
| 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 el origen de la Tierra en el contexto de la formación del sistema solar.
2. Aproximación al conocimiento actual de las diferentes fases de evolución de la Tierra, en particular la aparición de la vida.
3. Estudio de los aspectos físicos de la habitabilidad del planeta.
4. Aproximación cuantitativa a los diferentes enfoques y teorías sobre la aparición de la tectónica de placas y su relación con la habitabilidad del planeta.

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 del problema y los grandes interrogantes que continúan en la actualidad. El/la alumno/a debe ser capaz de discutir qué aspectos han sido consensuados entre la comunidad científica y cuáles son controvertidos.

En función de los intereses del estudiante se podrá centrar en algunas de las preguntas abiertas que son objeto de intensos debates actuales. Entre estas están los procesos físicos que generaron la tectónica de placas y la relación de ésta con la habitabilidad del planeta. Esto podrá ser discutido en comparación con otros planetas del Sistema solar, en particular con Venus y Marte. Aunque el trabajo se centrará en aspectos físicos, el alumno deberá reconocer el carácter multidisciplinar del estudio de la Tierra como sistema, el cual incluye la geofísica, la geología, la meteorología, y la astrobiología.



BIBLIOGRAFÍA:

1. Lunine, J. I., 2013, 'Earth evolution of a habitable world' Cambridge University Press.
2. Rogers, N., 2008, 'An introduction to our dynamic planet' Cambridge University Press.
3. Publicaciones relevantes en revistas como Nature, Science, Earth and Planetary Sciences, etc
4. Recurso en Internet. Curso online 'The origin and evolution of the Earth'
<https://www.wondrium.com/the-origin-and-evolution-of-earth-from-the-big-bang-to-the-future-of-human-existence>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo Fin de Grado

| | | |
|-----------------------------|--|---|
| DEPARTAMENTO: | Física de la Tierra y Astrofísica | |
| TÍTULO: | Procesos físicos involucrados en la topografía de Iberia | |
| TITLE: | Physical processes involved in the Iberian Topography | |
| SUPERVISOR/ES: | Ana M. Negrodo Moreno, Javier Fullera Urchulutegui | |
| 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 las diferentes hipótesis acerca del origen de la topografía de la Península Ibérica.
2. Comprender los conceptos de topografía isostática y topografía dinámica.
3. Caracterización física de los procesos sublitosféricos que pueden influir en la respuesta topográfica. 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 del origen de la peculiar topografía de la Península Ibérica. El/la alumno revisará de manera crítica las diferentes hipótesis sobre las causas y momento en que se produce la elevada topografía actual de la Península Ibérica.

Posteriormente, el/la alumno/a realizará una revisión de las ecuaciones que rigen los procesos de levantamiento/hundimiento topográfico (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. Publicaciones relevantes en revistas científicas especializadas



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

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 / Saioa Arquero Campuzano | |
| E-mail supervisor/es | fjpavon@ucm.es / sacampuzano@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 – 2022/23), 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 recomienda que el alumno/a esté familiarizado con software de programación (Matlab, Python, etc.) a nivel básico. Se recomienda además conocimientos básicos de geofísica (por ejemplo, es recomendable que el estudiante 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 2022-23

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 / Saioa Arquero Campuzano | |
| E-mail supervisor/es | fipavon@ucm.es / sacampuzano@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: 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 – 2022/23).

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 recomienda que el alumno/a esté familiarizado con software de programación (Matlab, Python, etc.) a nivel básico. Se recomienda además conocimientos básicos de geofísica (por ejemplo, es recomendable que el estudiante 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: | De la Geofísica a la Ciencia Ficción | |
| Title: | From Geophysics to Science Fiction | |
| Supervisor/es: | F. Javier Pavón Carrasco/M. Luisa Osete López | |
| E-mail supervisor/es | fjpavon@ucm.es / mlosete@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/o filmografía de Ciencia Ficción en relación con el conocimiento científico actual de la Física de la Tierra. Se realizará las siguientes tareas: Identificar las hipótesis físicas que subyacen. Estudiar la viabilidad de las hipótesis. Determinar los errores, márgenes de incertidumbre, etc. Indicando cuales serían la soluciones geofísicas más plausibles.

Metodología:

Se les proporcionará a los estudiantes una película, novela, cómic u otros soportes de ciencia ficción relacionados con la física de la Tierra. Se seleccionarán algunos problemas físicos relevantes. 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 todos 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



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

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 de 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 un horno *Schonstedt* o mediante la aplicación de campos alternos decrecientes con un aparato *LDA5*) y/o de experimentos de magnetismo de rocas utilizando el equipamiento del 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 2022-23

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: | 1 | |
| 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 2019-20

Ficha de Trabajo 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 | |
| NÚMERO DE PLAZAS: | 1 | |
| ASIGNACIÓN DE TFG: | Selección directa <input type="checkbox"/> | Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/> |

OBJETIVOS: El objetivo a alcanzar es ordenar cronológicamente y jerárquicamente todos los conocimientos científicos más destacados que se han producidos durante los últimos 50 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 de 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. Es altamente recomendable 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; The Earth's Inner Core by Hrvoje Tkalčić, Cambridge University Press, ISBN: 978-1-107-03730-4



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 pasado del campo magnético terrestre registrado en yacimientos arqueológicos | |
| Title: | The past geomagnetic field recorded in archaeological remains | |
| Supervisor/es: | M. Luisa Osete López y Saioa Arquero Campuzano | |
| E-mail supervisor/es | mlosete@ucm.es , sacampuzano@ucm.es | |
| Número de plazas: | 1 | |
| Asignación de TFG: | Selección directa <input type="checkbox"/> | Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/> |

Objetivos: El objetivo general es entender el proceso de obtención de información sobre el pasado del campo magnético terrestre. Para ello se deberá:

- Comprender el proceso de adquisición de la magnetización de yacimientos arqueológicos que han sufrido importantes calentamientos (termorremanencia).
- Conocer las técnicas de desimación progresiva de la magnetización remanente natural.
- Determinar la dirección media de la magnetización del yacimiento seleccionado
- Determinar, si es posible, la edad del yacimiento a partir de métodos arqueomagnéticos. Contrastar con la información adicional disponible (información arqueológica, datación por C14, ..).

Metodología: Dependiendo de la situación sanitaria o bien el alumno analizará de 8 a 10 muestras de un yacimiento en el laboratorio de paleomagnetismo del Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, o bien le será entregado un fichero con medidas previamente realizadas. Las muestras se desimarán o estarán desimadas por campos alternos decrecientes. Se calcularán las direcciones medias y los parámetros estadísticos asociados (Butler 2004). Se compararán los resultados con un modelo de referencia (ej.: SCHA.DIF.4k ; Pavón Carrasco et al.2021), y utilizando el programa Archeo_dating (Pavón Carrasco et al, 2010) se determinará la edad arqueomagnética del yacimiento.

Bibliografía:

- Butler, R. Palaeomagnetism. Magnetic Domains to Geologic Terranes. Electronic Edition (2004).
- Pavón-Carrasco, F. Javier; Campuzano, Saioa A.; Rivero-Montero, Mercedes; Molina-Cardín, Alberto; Gómez-Paccard, Miriam; Osete, M. Luisa. SCHA.DIF.4k: 4,000 years of Paleomagnetic Reconstruction for Europe and Its Application for Dating. *J Geophys Res Solid Earth*, Vol: 126 Número: 3 . Número de artículo: e2020JB021237. 2021. DOI: 10.1029/2020JB021237
- Pavón-Carrasco, F.J.; Rodríguez-González, J.; Osete, M.L.; Torta, J.M. A Matlab tool for archaeomagnetic dating. *Journal of Archaeological Science*, 38 (2), pp. 408-419, 2011.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

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 además de cubos de datos observados con MEGARA, espectrógrafo de campo integral en GTC-10.4m. Los principales objetivos que se persiguen con este trabajo son:

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

Metodología:

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

- En primer lugar se llevará acabo 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 α y H β en emisión. Se utilizará el trazador H α 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 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado



| | | |
|-----------------------------|---|---|
| Departamento: | Física de la Tierra y Astrofísica | |
| Título: | Caracterización de vientos ionizados en las regiones centrales de galaxias cercanas | |
| Title: | Characterization of ionized outflows in the central regions of nearby galaxies | |
| Supervisor/es: | Cristina Catalán Torrecilla | |
| E-mail supervisor/es | ccatalan@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 la detección y caracterización de los vientos ionizados en las regiones centrales de una muestra de galaxias cercanas. Para ello, el/la alumno/a estudiará la morfología y la cinemática de los vientos y derivará sus propiedades físicas fundamentales tales como la masa del gas ionizado o la energía cinética. A lo largo de este trabajo se emplearán los cubos de datos que han sido observados con el instrumento MEGARA.

Metodología:

En primer lugar, se determinará la cinemática del gas ionizado utilizando los cubos de datos del instrumento MEGARA que ya han sido observados y procesados. Para ello se llevarán a cabo los siguientes pasos: (i) se realizará el modelado de las líneas espectrales de emisión mediante ajustes gaussianos múltiples que permitirán obtener los siguientes parámetros para cada componente: longitud de onda central, anchura e intensidad del flujo, (ii) se crearán los mapas de velocidad para las distintas componentes y se analizará la componente ancha desplazada al azul para obtener información sobre la distribución espacial del viento en cada galaxia.

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

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

Recomendaciones:

- Haber cursado las asignaturas de *Astrofísica* (3º del Grado en Física) y *Astrofísica Extragaláctica* (4º del Grado en Física).
- Poseer conocimientos básicos de programación (*Python*).

Bibliografía:

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



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

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: | 3 | |
| Asignación de TFG: | Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> | Selección por expediente <input type="checkbox"/> |

Objetivos:

El objetivo general del trabajo es formar al alumno en utilizar Internet como un recurso fundamental en investigación. Como ejemplo práctico se plantea estudiar las posibles relaciones entre los diferentes parámetros físicos que describen una galaxia. Se buscan formas fáciles de derivar un parámetro en función de otros y en función del tipo de galaxia y la época del universo. Como datos iniciales se dispondrá de los catálogos de propiedades físicas de galaxias de las exploraciones CANDELS y 3D-HST, disponibles completos en Internet. Se desarrollará una forma sencilla de consultar las tablas de los catálogos y de representar unos parámetros frente a otros. Se utilizarán métodos matemáticos sencillos para cuantificar la bondad de un ajuste, la dispersión y otros indicadores matemáticos. Como resultado final se espera conseguir relaciones entre la masa estelar y las diferentes luminosidades, colores y otros parámetros. El análisis se llevará a cabo para diferentes rangos de edad del universo (diferentes desplazamientos al rojo). Al final del TFG se creará una página web de ayuda para futuras consultas de los catálogos.

Metodología:

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

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

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

Grado en Física, módulo de Física Fundamental). También es muy recomendable haber cursado la asignatura “Astrofísica Extragaláctica” (optativa de la materia Astrofísica y Cosmología, 4º Grado en Física, módulo de Física Fundamental). Finalmente, es 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.

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 2022-23

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*.

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 2022-23

Ficha de Trabajo de 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: | 2 | |
| 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 fundamentales (prácticamente imprescindibles) 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 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| Departamento: | Física de la Tierra y Astrofísica | |
| Título: | Análisis de datos astrofísicos usando estadística bayesiana | |
| Title: | 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, y modelos generalizados, 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 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

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

Objetivos:

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

Metodología:

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

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

Bibliografía:

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



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

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 como 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 2022-23

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

Metodología:

Para la caracterización de sistemas exoplanetarios se combinará la información proporcionada por series temporales de velocidad radial disponibles de espectrógrafos de alta resolución como HARPS, HARPS-N, HIRES y CARMENES y series temporales fotométricas (tránsitos) disponibles de exploraciones desde Tierra como HAT-Net, KELT, WASP y de misiones espaciales como Kepler, K2 y TESS. Se realizarán ajustes conjuntos de las curvas de velocidad radial y de luz. Se compararán los resultados obtenidos con diferentes paquetes de software disponibles en la actualidad como *PYTRANSIT*, *PyTranSpot*, *RVLIN*, *TLMC*, *EXOFAST*, *Systemic*, *Pyaneti*, *juliet*, *pyORBIT*, *Exo-Striker* y *Allesfitter* y se estudiará cual 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 2022-23

Ficha de Trabajo de 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 y Nicolás Cardiel | |
| E-mail supervisor/es | sergiopr@fis.ucm.es / cardiel@ucm.es | |
| Número de plazas: | 2 | |
| 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]_{SEP}

- (1) la ecuación de continuidad de la masa
- (2) la ecuación de equilibrio hidrostático
- (3) la ecuación de equilibrio energético
- (4) la ecuación de transporte de energía (casos radiativo y convectivo)

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

La estrategia que se seguirá es mixta: se combinará la integración desde la superficie estelar hacia el interior con la integración desde el interior estelar hacia la superficie. Será necesario

unir las soluciones en un punto intermedio que, como se verá, será el límite entre el núcleo convectivo y la envoltura radiativa.

Se recomienda que los alumnos tengan conocimientos básicos de Astrofísica Estelar al nivel que se imparten en la asignatura “Astrofísica” (obligatoria de 3º Grado en Física, módulo de Física Fundamental). También es muy recomendable haber cursado la asignatura “Astrofísica Estelar” (optativa de la materia Astrofísica y Cosmología, 4º Grado en Física, módulo de Física Fundamental). Finalmente, es 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 los profesores responsables de la supervisión de los trabajos)
- *Introduction to Stellar Atmospheres and Interiors*, E. Novotny, Oxford University Press, 1973
- *Principles of Stellar Evolution and Nucleosynthesis*, D.D. Clayton, McGraw-Hill, 1984
- *Introduction to Stellar Astrophysics, Volume 3, Stellar Structure and Evolution*, E. Böhm-Vitense, Cambridge University Press, 1992
- *Evolution of Stars and Stellar Populations*, M. Salaris, S. Cassisi, John Wiley & Sons, Ltd, 2005



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

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 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 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

| | | |
|-----------------------------|--|---|
| Departamento: | Física de la Tierra y Astrofísica (FTA) | |
| Título: | Análisis de la frecuencia de superbólidos en los últimos 200 años. | |
| Title: | Analysis of the frequency of superfireballs on the last 2000 years | |
| Supervisor/es: | A. Sánchez de Miguel | |
| E-mail supervisor/es | alejasan@ucm.es | |
| Número de plazas: | 1 | |
| Asignación de TFG: | Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> | Selección por expediente <input type="checkbox"/> |

Objetivos:

Estudiar la presencia de aumentos de frecuencia de superbólidos en registros históricos no vinculados con lluvias de estrellas.

Metodología:

Se facilitará a los alumnos una base de datos de eventos comprendidos entre el año 4 D. C. y la actualidad. Tendrán que realizar un filtrado del base de datos en función de las diferentes fuentes de datos. Estudiar su frecuencia comparar con las fechas de las lluvias de estrellas más conocidas.

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" y "Estadística y Análisis de Datos". Finalmente, es importante que el alumno posea conocimientos de programación en lenguaje Python.

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

Bibliografía:

Zamora, S., Ocaña, F., de Miguel, A. S., & Mole, M. (2015). On the frequency of the superfireballs: more than 150 years of reports. *arXiv preprint arXiv:1511.00464*.

Zamora, S., Sánchez de Miguel, A., & Ocaña, F. (2017). Chelyabinsk and other February superfireballs. *Highlights on Spanish Astrophysics IX*, 578-578.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

| | | |
|-----------------------------|--|---|
| Departamento: | Física de la Tierra y Astrofísica | |
| Título: | Impactos de la destrucción de la capa de ozono y su recuperación en el clima | |
| Title: | Ozone depletion and recovery impacts on climate | |
| 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:

El objetivo de este trabajo es estudiar el impacto que ha ejercido sobre el clima el “agujero de ozono”, es decir la destrucción extrema de la capa de ozono en la estratosfera polar Antártica debida a emisiones antrópicas. El agujero de ozono alcanzó su máximo en torno al año 2000, y recientemente se han detectado los primeros signos de recuperación gracias al cumplimiento del Protocolo de Montreal. Actualmente sabemos que el agujero de ozono no solo ha elevado los niveles de radiación ultravioleta en la superficie terrestre, sino que además ha causado cambios sustanciales en el clima del hemisferio sur. Se analizarán los mecanismos de dinámica atmosférica involucrados en dichos impactos climáticos, que se extienden desde la estratosfera hasta el océano.

Metodología:

Se realizará una revisión bibliográfica basada principalmente en los últimos Informes sobre la destrucción de la capa de ozono de la Organización Meteorológica Mundial. El TFG se centrará en ciertos aspectos de la respuesta climática según el interés del/ de la estudiante. Se podrán examinar simulaciones de un modelo climático, así como datos de reanálisis.

Se recomienda haber cursado las asignaturas Física de la Atmósfera, Fundamentos de Meteorología y Bases Científicas del Cambio Climático. Se requiere un buen nivel de inglés, y es deseable un nivel medio de programación en MATLAB, Python o similar.

Bibliografía:

- Previdi, M. and Polvani, L.M. (2014), Climate system response to stratospheric ozone depletion and recovery. Q.J.R. Meteorol. Soc., 140: 2401-2419.
<https://doi.org/10.1002/qj.2330>

- WMO (World Meteorological Organization), *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2018*, Global Ozone Research and Monitoring Project – Report No. 58, 588 pp., Geneva, Switzerland, 2018. <https://csl.noaa.gov/assessments/ozone/2018/>
- WMO (World Meteorological Organization), *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2022*. *In preparation. Publication expected in December 2022.*



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-2023

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 | |
| 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 modelización 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 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| Departamento: | Física de la Tierra y Astrofísica | |
| Título: | Efectos del cambio climático antrópico en la estratosfera polar | |
| Title: | Effects of anthropogenic climate change on polar stratosphere | |
| 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:

- Aprender los aspectos básicos de la dinámica estratosférica y de los fenómenos más importantes de la variabilidad estratosférica.
- Conocer los cambios en la estratosfera polar en el futuro debido a los cambios proyectados en el futuro en las emisiones de concentraciones de gases de efecto invernadero y las partículas destructoras de ozono.
- Investigar los cambios futuros en los calentamientos súbitos estratosféricos (TFG1) y la persistencia anual del vórtice polar (TFG1).
- Adquirir conocimientos en el manejo de salidas de modelos climáticos.

Metodología:

En primer lugar, el alumno se servirá de la bibliografía facilitada por la tutora para aprender los conocimientos básicos de la dinámica estratosférica y de su estacionalidad, así como de los efectos del cambio climático antrópico en la estratosfera polar. Una vez adquiridos estos conocimientos, el alumno realizará una búsqueda bibliográfica de los estudios más recientes sobre dichos efectos de los calentamientos súbitos estratosféricos en el caso del TFG1 o en la persistencia del vórtice polar en primavera (TFG2).

Más tarde, el estudiante se servirá de simulaciones de modelos climáticos de circulación general bajo condiciones de cambio climático antrópico para el análisis de distintos aspectos de la variabilidad del vórtice polar y su estacionalidad. El alumno aplicará herramientas estadísticas para la determinación de posibles cambios futuros tanto en el estado medio de la estratosfera como en la variabilidad estratosférica polar.

Se recomienda que los alumnos hayan cursado las asignaturas “Física de la Atmósfera” y “Estadística y Análisis de Datos” de 3º del Grado en Física y/o alguna de las asignaturas de “Fundamentos de Meteorología” y “Bases Físicas del Cambio Climático” de 4º del Grado en Física.

Bibliografía:

1. Guión elaborado por la profesora responsable de la dirección del trabajo.
2. Holton, J.R. and G. J. Hakim, 2012: An Introduction to Dynamic Meteorology. Elsevier, 532pp,.
3. Peixoto, J.P. & A.H. Oort: Physics of Climate. American Institute of Physics. (1992, 1995).
4. Polvani, L. M., A. H. Sobel & D. W. Waugh: The Stratosphere: Dynamics, transport and chemistry. AGU. (2010).
5. Karpechko A., Maycock, A. WMO/UNEP Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2018. Chapter 5: Stratospheric Ozone Changes and Climate. (2018)
6. J. Gorgas, N Cardiel y J Zamorano: Estadística básica para estudiantes de Ciencias. UCM.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| Departamento: | Física de la Tierra y Astrofísica | |
| Título: | Impacto de ENSO en la estratosfera polar del Hemisferio Sur | |
| Title: | ENSO impacto on the Southern Hemisphere polar stratosphere. | |
| 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: El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) tiene un claro impacto sobre la estratosfera polar del Hemisferio Norte, modulando la temperatura y el vórtice polar. En la última década se han identificado otros tipos de Niño diferentes del tradicional con mayores anomalías de temperatura de la superficie del mar en el Pacífico Tropical Central y con mayor impacto en la estratosfera polar del Hemisferio Sur. Sin embargo, existen diversas formas de caracterizar estos episodios y además, la variabilidad interanual del agujero de ozono en la estratosfera austral complica su estudio.

En este trabajo se utilizarán modelos de circulación general para estudiar los posibles impactos que el Niño del Pacífico Central puede tener sobre la estratosfera del Hemisferio Sur, utilizando distintos tipos de índices. Asimismo se estudiarán los mecanismos que operan en cada caso y se analizarán las diferencias.

Metodología:

1. Se realizará una búsqueda bibliográfica de artículos científicos relacionados con la propagación de ENSO en la estratosfera, y en particular en el Hemisferio Sur así como sobre los distintos tipos de ENSO y sus características.
2. Se identificarán los distintos tipos de episodios Niño en las simulaciones consideradas.

3. Se estudiarán los efectos de los distintos tipos de Niño en la estratosfera del Hemisferio Sur, con especial atención a las diferencias entre ellos.
4. Se analizarán los mecanismos que operan en cada caso.

Bibliografía:

- Calvo, N., M. Iza, M. Hurwitz, E. Manzini, C. Peña-Ortiz, A. Butler, C. Cagnazzo, S. Ineson, C. Garfinkel (2017), Northern Hemisphere stratospheric pathway of different El Niño flavours in stratospheric-resolving CMIP5 models. *J. Clim.*, 10.1175/JCLI-D-16-0132.1
- Domeisen, D., C. Garfinkel, A., Butler (2018), The teleconnections of El Niño Southern Oscillation to the stratosphere. *Rev. Geophys.* 10.1029/2018RG000596
- Garfinkel, C. I., M. M. Hurwitz, D. W. Waugh, and A. H. Butler (2013), Are the teleconnections of Central Pacific and Eastern Pacific El Niño distinct in boreal wintertime?, *Climate Dyn.*, 41, 1835–1852, doi:10.1007/s00382-012-1570-2.
- Iza, M., and N. Calvo (2015), Role of Stratospheric Sudden Warmings on the response to Central Pacific El Niño, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 2482–2489, doi:10.1002/2014GL062935.
- Zubiaurre, I., and N. Calvo (2012), The El Niño-Southern Oscillation (ENSO) Modoki signal in the stratosphere, *J. Geophys. Res.*, 117, D04104, doi:10.1029/2011JD016690.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

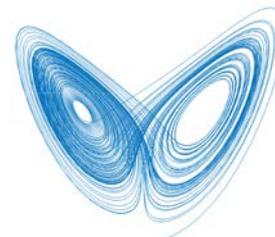


Ficha de Trabajo de Fin de Grado

| | | |
|-----------------------------|---|--------------------------|
| 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 |

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 tipo Runge-Kutta o similar.
- 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 2022-23

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 meteorológico para la 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, si fuera oportuno, de sus 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. Si fuera necesario, 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 o ambientales 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 2022-23

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: | 1 | |
| 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 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| Departamento: | Física de la Tierra y Astrofísica | |
| Título: | El océano Atlántico Tropical y el Clima | |
| Title: | Tropical Atlantic Ocean and Climate | |
| Supervisor/es: | Teresa Losada Doval | |
| E-mail supervisor/es | tlosadad@ucm.es | |
| Número de plazas: | 2 | |
| 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 compuestos, regresiones y/o 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



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| Departamento: | FÍSICA DE LA TIERRA Y ASTROFÍSICA | |
| Título: | Estudio de eventos de precipitación intensa en la Península Ibérica relacionados con fenómenos convectivos. | |
| Title: | Study of heavy rainfall events in the Iberian Peninsula and its connection with convective phenomena. | |
| Supervisor/es: | Gregorio Maqueda Burgos | |
| E-mail supervisor/es | gmaqueda@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 caracterizar y analizar las situaciones atmosféricas relacionadas con eventos de precipitación intensa, que han dado lugar a lluvias torrenciales y posiblemente daños por inundaciones en zonas del interior peninsular, zonas de montaña o costeras, especialmente en las regiones de influencia mediterránea.

Se estudiarán las condiciones atmosféricas a escala sinóptica y mesoescalar, utilizando archivos de mapas sinópticos o de reanálisis, así como observaciones desde satélites.

En cada trabajo, los alumnos elegirán un caso o evento particular que analizarán con el detalle requerido.

Metodología:

La metodología a utilizar, se centrará en la identificación previa de eventos de interés a partir de archivos de precipitación existentes en fuentes online, además de una exploración de noticias en los medios de comunicación. Los datos meteorológicos se completarán con imágenes de satélite y de radar para la identificación de los fenómenos convectivos.

Una vez elegidos los posibles eventos de precipitación intensa se analizará la situación sinóptica utilizando mapas de las variables meteorológicas en diferentes niveles de presión: superficie, 500hPa, etc, estudiando su evolución en los días previos y correspondientes al evento. Otras variables, disponibles podrán ser utilizadas para el estudio, así como las características locales y de mesoescala que pudieran influir. Finalmente, se tratará de identificar las características dominantes de la situación e interpretar su origen a partir del conocimiento previo de este tipo de fenómenos atmosféricos.

Para la realización de este trabajo, es recomendable que el estudiante haya cursado o esté cursando asignaturas relativas a Física Atmosférica del grado en Física, tales como Física de la Atmósfera, Fundamentos de Meteorología o Geofísica y Meteorología Aplicadas.

Bibliografía:

- C.D. Ahrens (2000). Meteorology Today, 6ª edición. West Publ. Co.
- J.M. Wallace y P.V. Hobbs (1977, 1ª edición; 2006, 2ª edición). Atmospheric Science: An Introductory Survey. Academic Press. Elsevier
- Holton, J. R. (1992). An Introduction to Dynamic Meteorology (3rd Edn), Academic Press. Elsevier
- Martin J.E. (2006). Mid-Latitude Atmospheric Dynamics. J Wiley.
- Comet MetEd. Basic Satellite Imagery Interpretation
https://www.meted.ucar.edu/training_module.php



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de 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 asociadas 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 paraestudiantes 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 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| Departamento: | Física de la Tierra y Astrofísica | |
| Título: | Cambio climático en la región Mediterránea | |
| Title: | Climate change in the Mediterranean region | |
| Supervisor/es: | Elsa Mohino Harris | |
| E-mail supervisor/es | emohino@ucm.es | |
| Número de plazas: | 1 | |
| Asignación de TFG: | Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> | Selección por expediente <input type="checkbox"/> |

Objetivos:

- Conocer las principales características climatológicas de la región Mediterránea
- Evaluar los principales cambios proyectados en el clima de la región Mediterránea

Metodología:

En un primer paso, el alumno realizará una revisión bibliográfica acerca de las principales características de la climatología y cambio climático proyectado de la región Mediterránea, basándose en la bibliografía recomendada y en los artículos científicos específicos facilitados.

En un segundo paso, el alumno analizará datos de reanálisis, observaciones, y proyecciones de cambio climático, para caracterizar de forma práctica el cambio climático en la región Mediterránea.

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:

- Hartmann, D. L. (2016). *Global physical climatology* (2nd ed.). Elsevier.
- Masson-Delmotte et al. (2021) *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. In press.
- J. Gorgas, N Cardiel y J Zamorano: *Estadística básica paraestudiantes 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 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| Departamento: | Física de la Tierra y Astrofísica | |
| Título: | Señales de alerta temprana de transiciones críticas del sistema climático | |
| Title: | Early warning signals of critical transitions of the climate system | |
| Supervisor/es: | Marisa Montoya Redondo, Javier Blasco Navarro | |
| E-mail supervisor/es | mmontoya@ucm.es, jablasco@ucm.es | |
| Número de plazas: | 2 | |
| Asignación de TFG: | Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> | Selección por expediente <input type="checkbox"/> |

Objetivos:

Los sistemas dinámicos complejos tales como ciertos elementos del sistema climático muestran un comportamiento altamente no lineal. En particular, pueden presentar puntos de inflexión en los que se produce una transición del sistema a un régimen dinámico diferente como consecuencia de una variación en un parámetro de control externo. Ejemplos son la desaparición de los mantos de hielo de Groenlandia o de la Antártida Occidental o el colapso de la circulación meridiana del Océano Atlántico bajo el cambio climático futuro. Predecir la localización de dichos puntos críticos es muy difícil. Sin embargo existen señales genéricas de alerta temprana que pueden indicar la proximidad a un umbral crítico. En este trabajo se explorarán algunas de las señales de alerta temprana que permiten anticipar las posibles transiciones abruptas de distintos componentes del sistema climático como consecuencia del actual cambio climático.

Metodología:

Se construirá un modelo sencillo para una componente del sistema climático (atmósfera/océano/criosfera). Se estudiarán sus soluciones de equilibrio y sus puntos de inflexión. Se perturbará el sistema de modo que éste se aproxime a su punto de inflexión y se estudiará la validez de los diferentes indicadores identificados en la literatura como señales de alerta temprana. La herramienta de programación y análisis de los resultados será Python.

Bibliografía:

Scheffer, Marten, et al. Early-warning signals for critical transitions. *Nature* 461.7260 (2009): 53-59.

Strogatz, S. H. *Nonlinear Dynamics and Chaos - With Applications to Physics, Biology, Chemistry and Engineering* 1st edn, 248–254 (Addison-Wesley, 1994).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| Departamento: | Física de la Tierra y Astrofísica | |
| Título: | Aprendizaje automático para la predicción del tiempo y el clima | |
| Title: | Machine learning for weather and climate prediction | |
| Supervisor/es: | Marisa Montoya Redondo | |
| E-mail supervisor/es | mmontoya@ucm.es | |
| Número de plazas: | 2 | |
| Asignación de TFG: | Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> | Selección por expediente <input type="checkbox"/> |

Objetivos:

El aprendizaje automático (del inglés, machine learning) es una rama de la inteligencia artificial cuyo objetivo es desarrollar técnicas que permitan el aprendizaje de las computadoras, de modo que su desempeño mejore con la experiencia mediante el uso de datos. Recientemente se ha comenzado a aplicar técnicas de aprendizaje automático a la física del clima con tres objetivos fundamentales: la mejora de las predicciones, el desarrollo de nuevas parametrizaciones y la regionalización. El objetivo de este trabajo es profundizar en el uso del aprendizaje automático para la predicción de sucesos climáticos extremos cuyo estudio mediante enfoques convencionales es difícil por la falta de estadística.

Metodología:

Se combinarán datos de modelos climáticos que representan el estado del arte y/o de reanálisis climáticos con técnicas de aprendizaje automático para predecir diferentes sucesos climáticos extremos. La herramienta de programación y análisis de los resultados serán Julia y/o Python.

Bibliografía:

Bishop, C. M., & Nasrabadi, N. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning* (Vol. 4, No. 4, p. 738). New York: springer.

Chantry, M., Christensen, H., Dueben, P., & Palmer, T. (2021). Opportunities and challenges for machine learning in weather and climate modelling: hard, medium and soft AI. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 379(2194), 20200083.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

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: | 1 | |
| 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 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| Departamento: | Física de la Tierra y Astrofísica | |
| Título: | Variabilidad climática y migraciones climáticas. | |
| Title: | Climate variability and climate migrations | |
| Supervisor/es: | Irene Polo Sánchez | |
| E-mail supervisor/es | ipolo@ucm.es | |
| Número de plazas: | 1 | |
| Asignación de TFG: | Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> | Selección por expediente <input type="checkbox"/> |

Objetivos:

El último informe del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, 2021) describe los distintos escenarios de futuro dependiendo de las emisiones y su impacto en la temperatura global. Este informe predice, entre otros cambios, una intensificación del ciclo hidrológico global, lo que se traduce en sequías en las zonas subtropicales y aumento de lluvias extremas en la región de los monzones. Además, los cambios observados en el océano han mostrado una tendencia creciente de calentamiento y de acidificación de las aguas que disminuyen la producción primaria y la pesca en las regiones de los sistemas de afloramiento del este (von Schuckmann et al 2021).

La crisis eco-social debida al cambio climático tendrá consecuencias heterogéneas dependiendo de las formas de vida de las comunidades. Muchas comunidades que dependen de los cultivos de secano y la pesca de bajura verán modificado su modo de vida y la adaptación más común es migrar a otras regiones (Pajares 2020).

- Entender los impactos del cambio climático en distintas regiones del planeta a partir de la revisión bibliográfica.
- A partir de datos climatológicos y sociales se evaluará la situación de vulnerabilidad de distintas regiones del planeta

Metodología:

Usando datos climatológicos observados disponibles desde 1900 (lluvia, humedad del suelo, temperatura del aire...) y datos del banco mundial sobre variables sociales y migraciones en distintas partes del mundo, se describirán los eventos de

variabilidad climática distinguiendo entre tendencias y variabilidad inter-decadal. Las variables climáticas y las variables sociales se usarán para definir los factores que influyen en la vulnerabilidad de las regiones, haciendo especial énfasis en las regiones de América Central, Norte de África y continente marítimo.

Bibliografía:

- IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
<https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/?msckid=94d048b8c15d11eca677efaaa4f205f6>
- Pajares M. Refugiados Climáticos: Un reto del siglo XXI. 2020 Editorial Rayo Verde.
- von Schuckmann, K., Le Traon, P. Y., Smith, N., Pascual, A., Djavidnia, S., Gattuso, J. P., ... & Zupa, W. (2021). Copernicus Marine Service Ocean State Report, Issue 5. Journal of Operational Oceanography, 14(sup1), 1-185.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| Departamento: | Física de la Tierra y Astrofísica | |
| Título: | Cambio Climático 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 ofrece la posibilidad de hacer un análisis que tenga en cuenta el carácter multidisciplinar del estudio del clima y de su variabilidad. Se pretende hacer hincapié en impactos sociales del cambio climático, teniendo en cuenta la vulnerabilidad de las regiones afectadas. La vulnerabilidad se define como la propensión o predisposición a ser afectado negativamente y abarca una variedad de conceptos y elementos, como la sensibilidad o la susceptibilidad al daño y la falta de capacidad para hacer frente y adaptarse.

La sociedad tiene que hacer frente al cambio climático teniendo en cuenta dicha vulnerabilidad estableciendo estrategias de adaptación y mitigación. El último informe del IPCC ofrece una evaluación mundial actualizada de los avances y compromisos en materia de mitigación del cambio climático, y examina las fuentes de las emisiones mundiales. Se explica la evolución de los esfuerzos de reducción y mitigación de las emisiones, evaluando el impacto de los compromisos climáticos nacionales en relación con los objetivos de emisiones a largo plazo.

En este trabajo, se propone ahondar en el estudio de los impactos en determinados sectores, como salud, energía, alimentación, seguros, bolsa, pesca, agricultura, seguridad nacional, migraciones, 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:

METODOLOGÍA:

El trabajo se puede estructurar en 2 partes. Por un lado se realizará una revisión bibliográfica del tema concreto a tratar. 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 análisis de datos multivariante con el objeto de entender las relaciones funcionales y los forzamientos.

Bibliografía:

IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P.

Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)). Cambridge University Press. In Press.

IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926

IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| Departamento: | Física de la Tierra y Astrofísica | |
| Título: | Modelos de clima estocásticos | |
| Title: | Stochastic climate models | |
| Supervisor/es: | Belén Rodríguez - Fonseca | |
| E-mail supervisor/es | Brfonsec@ucm.es | |
| Número de plazas: | 1 | |
| Asignación de TFG: | Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> | Selección por expediente <input type="checkbox"/> |

El premio Nobel de Física de 2021 fue compartido. La mitad se le otorgó a Giorgio Parisi por el estudio de la interacción entre desorden y fluctuaciones en sistemas físicos, desde la escala atómica al clima.

La otra mitad se compartió entre Syukuro Manabe y Klaus Hasselmann.

Este premio se otorgó a científicos que habían dedicado su carrera al estudio de sistemas complejos. Un sistema complejo se caracteriza por tener muchas componentes, y muchos procesos que interaccionan entre sí. Los sistemas complejos están caracterizados por aleatoriedad y desorden.

Uno de estos sistemas complejos es el clima. Syukuro Manabe y Klaus Hasselmann fueron galardonados conjuntamente con la mitad del Premio Nobel de Física de 2021 "por el modelado físico del clima de la Tierra, cuantificando la variabilidad y prediciendo de manera confiable el calentamiento global".

Ambos son referentes importantes en la investigación sobre cambio climático.

En los años 70 Klaus Hasselmann creó un modelo que unía el tiempo meteorológico y el clima. Se trataba de un sistema simple de dos ecuaciones para entender el comportamiento acoplado entre las fluctuaciones aleatorias de la atmósfera y la baja frecuencia asociada al clima. Encontró cómo el tiempo dirigía el clima por forzamiento interno aleatorio.

Hasselmann desarrolló un modelo estocástico de clima.

En este trabajo se va a revisar el modelo de Hasselmann reproduciendo algunos de sus resultados y acercándonos así al conocimiento del cambio climático antropogénico.

Metodología:

METODOLOGÍA:

El trabajo se puede estructurar en 2 partes. Por un lado se realizará una revisión bibliográfica de los modelos estocásticos y se revisará el trabajo de Hasselmann y sus repercusiones en el estudio del cambio climático.

Por otro lado, se programará el modelo de Hasselmann con objeto de entenderlo y poder reproducir

la relación entre la señal de las componentes lentas del clima y el ruido aleatorio de las fluctuaciones atmosféricas.

Bibliografía:

Hasselmann, K. (1976). Stochastic climate model. Part I: Theory. *Tellus*, 28, 289-305.

Frankignoul, C., & Hasselmann, K. (1977). Stochastic climate models, Part II Application to sea-surface temperature anomalies and thermocline variability. *Tellus*, 29(4), 289-305.

Barnett, T. P., Heinz, H. D., & Hasselmann, K. (1984). Statistical prediction of seasonal air temperature over Eurasia. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 36(2), 132-146.

Majda, A. J., Timofeyev, I., & Eijnden, E. V. (1999). Models for stochastic climate prediction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(26), 14687-14691.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

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: | 1 | |
| 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 o 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 2022-23

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 |
| 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 2022-23

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 2022-23

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

| | |
|-----------------------------|---|
| Departamento: | Física de la Tierra y Astrofísica |
| Título: | Entornos convectivos de supercelulas en España en el año 2021 |
| Title: | Supercell convective environments in Spain during 2021 |
| Supervisor/es: | Javier Díaz Fernández, Mariano Sastre Marugán |
| E-mail supervisor/es | javidi03@ucm.es , msastrem@ucm.es |
| Número de plazas: | 1 |
| Asignación de TFG: | Selección directa <input type="checkbox"/> Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/> |

Objetivos:

- Adquirir conocimientos básicos de meteorología relacionados con entornos convectivos mesoescalares y análisis sinópticos relativos a la formación de supercélulas en España.
- Estudiar las supercélulas que se han formado en 2021 en España y realizar un análisis de las principales variables y parámetros convectivos relacionados con las mismas.
- Familiarizarse con bibliografía especializada en Ciencias Atmosféricas
- Adquirir cierta destreza en el manejo de datos meteorológicos utilizando el lenguaje de programación Python y los datos de reanálisis atmosférico ERA5.

Metodología:

Se trabajará con bibliografía especializada para adquirir el marco conceptual adecuado. Entre las tareas a desarrollar se incluyen: seleccionar los eventos supercelulares a estudiar de una base de datos propia, y analizar las principales variables meteorológicas relacionadas con las supercélulas. Así mismo, se calcularán los principales parámetros convectivos a partir de datos de reanálisis del ERA5.

Es recomendable un manejo básico de Python u otro lenguaje de programación similar y haber superado o estar cursando las asignaturas “Física de la atmosfera” (3º), “Fundamentos de Meteorología” (4º), “Geofísica y Meteorología Aplicadas” (4º) y “Bases Físicas del Cambio Climático” (4º).

Bibliografía:

- Markowski, P., & Richardson, Y. (2011). *Mesoscale meteorology in midlatitudes* (Vol. 2). John Wiley & Sons.
- Martín, Y., Cívica, M., & Pham, E. (2020). Constructing a Supercell Database in Spain Using Publicly Available Two-Dimensional Radar Images and Citizen Science. *Annals of the American Association of Geographers*, 0(0), 1–21.
- Taszarek, M., Allen, J.T., Púčik, T., Hoogewind, K.A., & Brooks, H.E. (2020). Severe Convective Storms across Europe and the United States. Part II: ERA5 Environments Associated with Lightning, Large Hail, Severe Wind, and Tornadoes. *Journal of Climate* 33, 10263–10286.
- Wallace, J. M., & Hobbs, P. V. (2006). *Atmospheric science: an introductory survey* (Vol. 92). Elsevier.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2022-23



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

| | | |
|-----------------------------|--|--|
| Departamento: | FÍSICA DE LA TIERRA Y ASTROFÍSICA | |
| Título: | Diseño de un sistema de monitorización micro-climática y aplicación a un ambiente semi-urbano. | |
| Title: | Design of a Micro-Climate Data Monitoring System and application to a semi-urban environment. | |
| Supervisor/es: | Luis Durán Montejano | |
| E-mail supervisor/es | luduran@ucm.es | |
| Número de plazas: | 1 | |
| Asignación de TFG: | Selección directa <input type="checkbox"/> | Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/> |

Objetivos:

El objetivo es diseñar, instalar y operar un sistema de observación meteorológica de bajo coste, pequeño tamaño y bajo consumo que permita la medida simultánea en un gran número de localizaciones para poder caracterizar los micro-climas presentes en un entorno semi-urbano.

Metodología:

Se proponen las siguientes fases:

1. Estudio del estado del arte. Recopilación bibliográfica sobre métodos de observación meteorológica automática. Procedimientos de medida, calibración y control de calidad. Redes IoT.
2. Diseño e integración del sistema de observación. Diseño de los nodos de observación utilizando Raspberry Pi y sensores de bajo coste.
3. Instalación de los sistemas en el Real Jardín Botánico de la UCM.
4. Análisis del desempeño del sistema, micro-climas y fenomenología detectada y conclusiones.

Bibliografía:

- Brock FV and Richardson S.J. Meteorological Measurement Systems. Oxford Scholarship Online: November 2020. ISBN-13: 9780195134513
- WMO. (2018). Guide to Instruments and Methods of Observation.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2022-23



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

| | | |
|-----------------------------|---|--|
| Departamento: | FÍSICA DE LA TIERRA Y ASTROFÍSICA | |
| Título: | Simulación y fabricación de un circuito electrónico caótico con forzamiento ambiental | |
| Title: | Simulation and manufacturing of a chaotic electronic circuit with environmental forcing | |
| Supervisor/es: | Luis Durán Montejano | |
| E-mail supervisor/es | luduran@ucm.es | |
| Número de plazas: | 1 | |
| Asignación de TFG: | Selección directa <input type="checkbox"/> | Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/> |

Objetivos:

El objetivo es diseñar, simular y fabricar un circuito electrónico caótico con el objeto de analizar su comportamiento cuando se encuentra sometido a diferentes condiciones ambientales.

Metodología:

Se proponen las siguientes fases:

1. Recopilación bibliográfica.
2. Diseño del circuito y exploración de opciones para incluir el forzamiento ambiental.
3. Simulación del circuito
4. Integración de componentes y puesta en marcha.
5. Análisis del comportamiento caótico del circuito y conclusiones.

Bibliografía:

- Chua, L. O., Wu, C. W., Huang, A., & Zhong, G. Q. (1993). A universal circuit for studying and generating chaos. I. Routes to chaos. *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications*, 40(10), 732-744.
- Ostrovskii, V. Y., Nazare, T. E., Martins, S. A., & Nepomuceno, E. G. (2020, January). Temperature as a chaotic circuit bifurcation parameter. In *2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIcon Rus)* (pp. 154-157). IEEE.