



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo 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	
NÚMERO DE PLAZAS:	2	
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 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 centrara en muestras de estrellas frías (F, G, K, M) con parámetros adicionales determinados desde Tierra con espectroscopia de alta resolución que combinados con los datos de la misión Gaia permitirán estudiar el efecto que la metalicidad en los diagramas color-magnitud tanto con los colores que Gaia como con los disponibles de otras exploraciones fotométricas y discernir de otros efectos como la edad o binariedad.

METODOLOGÍA:

El alumno recibirá una tabla de datos con parámetros espectroscópicos de una muestra de estrellas y recopilará también estos parámetros de otras exploraciones espectroscópicas desde Tierra. Para todas estas estrellas aprenderá cómo obtener todos los parámetros astrométricos y fotométricos que la misión Gaia proporciona y cómo representar a partir de ellos el diagrama color-magnitud. Para todo ello se utilizaran herramientas del observatorio virtual como TOPCAT o programas sencillos en *Python*. Se realizarán además búsquedas cruzadas con otras exploraciones para poder realizar el mismo estudio pero utilizando otras bandas fotométricas. Con toda esta información se podrá entonces estudiar cómo influye la metalicidad ($[Fe/H]$) en la posición de las estrellas en estos diagramas y se podrán hacer calibraciones que permitan inferir este parámetro para otras estrellas en las que no se conozca previamente.



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

BIBLIOGRAFÍA:

- “Gaia Data Release 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 2020-21

Ficha de Trabajo 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	
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 la utilización de diferentes métodos para la determinación de los parámetros fundamentales de los exoplanetas (masa y radio) 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 mas 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](https://doi.org/10.1093/mnras/stz1017)



- *“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 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica
TÍTULO:	Análisis Multivariante de Datos Astrofísicos
TITLE:	Multivariate Analysis of Astrophysical Data
SUPERVISOR/ES:	Javier Gorgas
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El objetivo es realizar un análisis estadístico avanzado de datos multivariantes de interés astrofísico. Para ello cada alumno trabajará sobre una tabla de datos reales en la que, para cada elemento (estrella, galaxia, etc) de la muestra, se proporcionen un número alto de observables (variables). En particular deberá:

- Estudiar las posibles correlaciones entre variables.
- Realizar regresiones lineales múltiples para estudiar si se pueden predecir los valores de ciertas variables en función de otras.
- Llevar a cabo un análisis de componentes principales para determinar la dimensionalidad real de los datos observados.

METODOLOGÍA:

El alumno recibirá una tabla de datos diferentes, referida a diferentes tipos de objetos. En particular se analizarán datos de propiedades físicas de galaxias cercanas. El primer paso en el trabajo será la lectura de la base de datos y su análisis preliminar para limpiarla de datos incompletos, etc. A continuación se correrán varios procedimientos para visualizar los datos y se estudiarán las posibles correlaciones. Después de llevarán a cabo los análisis de regresiones múltiples y un análisis de componentes principales. Dependiendo del catálogo original se intentará resumir la información contenida determinando la dimensionalidad real de la tabla de datos y cuales son sus principales variables dependientes e independientes.

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.

La teoría y los procedimientos necesarios para aplicar técnicas multivariantes usando el lenguaje de programación en R se explicarán en una sesión que se impartirá exclusivamente para los alumnos que escojan este trabajo. Asimismo se entregará al alumno copias de las presentaciones de esta sesión.

BIBLIOGRAFÍA:

- “Methods of Multivariate Analysis”, A.C. Rencher, 2002, Wiley Ser. in Prob and Stat.
- “R in Action”, R.I. Kabacoff, 2011, Manning Publications
- “Modern Statistical Methods for Astronomy”, Feigelson & Babu, 2012, Cambridge University Press



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica	
TÍTULO:	Introducción al análisis de datos astrofísicos usando estadística bayesiana	
TITLE:	Introduction to the analysis of astrophysical data using Bayesian statistics	
SUPERVISOR/ES:	Javier Gorgas	
NÚMERO DE PLAZAS:	2	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

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

METODOLOGÍA:

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

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



BIBLIOGRAFÍA:

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



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo 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	
NÚMERO DE PLAZAS:	3	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Estudiar las posibles relaciones entre los diferentes parámetros físicos que describen una galaxia. Se buscan formas fáciles de derivar un parámetro en función de otros y en función del tipo de galaxia y la época del universo. Como datos iniciales se dispondrá de los catálogos de propiedades físicas de galaxias de las exploraciones CANDELS y 3D-HST.

Se desarrollará una forma sencilla de consultar las tablas de los catálogos y de representar unos parámetros frente a otros. Se utilizarán métodos matemáticos sencillos para cuantificar la bondad de un ajuste, la dispersión y otros indicadores matemáticos.

Como resultado final se espera conseguir relaciones entre la masa estelar y las diferentes luminosidades, colores y otros parámetros. El análisis se llevará a cabo para diferentes rangos de edad del universo (diferentes desplazamientos al rojo).

Al final del TFG se creará una página web de ayuda para futuras consultas de los catálogos.

METODOLOGÍA:

Se facilitará al alumno 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 otra 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 y parámetros físicos.

BIBLIOGRAFÍA:

Básica:

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.

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 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica	
TÍTULO:	Tensor de inercia de estructuras a distintas escalas en simulaciones cosmológicas	
TITLE:	Inertia tensor of structures at different scales in cosmological simulations	
SUPERVISOR/ES:	M. Ángeles Gómez Flechoso	
NÚMERO DE PLAZAS:	2 (una de selección directa y otra por expediente)	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input checked="" 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 necesarios conocimientos básicos de programación, así como de mecánica, estadística y astrofísica (a nivel de la asignatura de Astrofísica de 3º del Grado en Físicas)

BIBLIOGRAFÍA:

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



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica
TÍTULO:	Elaboración de un modelo numérico de interior estelar
TITLE:	Development of a stellar-interior numerical model
SUPERVISOR/ES:	Nicolás Cardiel
NÚMERO DE PLAZAS:	3
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

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

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

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

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

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



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

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

BIBLIOGRAFÍA:

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



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-2021

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica	
TÍTULO:	Tras las huellas cinemáticas de las estructuras a gran escala de la Vía Láctea: estudio del catálogo estelar de Gaia	
TITLE:	Looking for the kinematic imprints of large scale structures of the Milky Way: a study of the Gaia stellar catalogue	
SUPERVISOR/ES:	Santi Roca-Fàbrega	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El objetivo de este trabajo es el de iniciarse en el uso de una de las bases de datos astronómicas más reciente y completa para, mediante el análisis de algunos de los parámetros que en ella aparecen, obtener información que permita responder a algunas de las grandes cuestiones sobre la estructura y formación de nuestra galaxia que aún quedan por resolver.

METODOLOGÍA:

Se usarán los datos observacionales del DR2- early DR3 de Gaia disponibles en la página web del proyecto, además de varias herramientas estadísticas de análisis escritas en Python, o generadas por el propio estudiante en el lenguaje de programación que éste domine. Con las herramientas de análisis se obtendrá información sobre parámetros cinemáticos de la componente estelar de la Vía Láctea, que deberán interpretarse bajo las teorías de formación y evolución de galaxias.

BIBLIOGRAFÍA:

- D. Katz, et al. 2018 (Gaia collaboration) <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201832865>
P. Ramos, T. Antoja, F. Figueras, 2018, <https://arxiv.org/abs/1805.09790>
T. Antoja et al. 2017, <https://arxiv.org/abs/1706.02748>
T. Antoja et al. 2016, <https://arxiv.org/abs/1602.07687>
Roca-Fabrega et al. 2014, <https://arxiv.org/abs/1401.4191>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica (FTA)	
TÍTULO:	Análisis de contaminación lumínica mediante medidas de brillo de cielo	
TITLE:	Study of Light Pollution using Night Sky Brightness observations	
SUPERVISOR/ES:	J. Zamorano	
NÚMERO DE PLAZAS:	3	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

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

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

METODOLOGÍA:

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

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

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

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



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

BIBLIOGRAFÍA:

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

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

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



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica
TÍTULO:	Dinámica y materia oscura en galaxias
TITLE:	Dynamics and dark matter in galaxies
SUPERVISOR/ES:	Armando Gil de Paz
NÚMERO DE PLAZAS:	3
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/> Selección por expediente <input checked="" 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 2020-2021



Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica
TÍTULO:	Estructura y dinámica planetaria en la Ciencia Ficción. Análisis y crítica científica desde la astrofísica
TITLE:	Structure and dynamics of stellar systems and their planets in the Science Fiction: Analysis and scientific revision from an astrophysics perspective
SUPERVISOR/ES:	Santi Roca-Fàbrega
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/> Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

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

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

METODOLOGÍA:

Se les proporcionará a los estudiantes una película, novela, cómic u otros soportes de ciencia ficción relacionados con la física de la Tierra y la física planetaria.

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
- I. de Pater, J.J. Lissauer. Planetary Sciences. Cambridge University Press. 2006.
- G.W. Pröls. Physics of the Earth's Space Environment, Springer Verlag, Berlin, 2003
- R. Wissman, L.C. McFadden and T.V. Johnson (eds). Encyclopedia of the Solar System, Academic Press, Inc. New York. 1999.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica
TÍTULO:	¿Se está invirtiendo el Campo Magnético de la Tierra?
TITLE:	Is the Earth's Magnetic Field going to reverse?
SUPERVISOR/ES:	FRANCISCO JAVIER PAVÓN CARRASCO
NÚMERO DE PLAZAS:	2
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 algunas características del campo magnético de la Tierra de origen interno (campo principal) a partir de modelos en armónicos esféricos del campo actual (1900 – 2025) y del campo en el pasado (últimos 100 mil años). El objetivo principal será analizar y discutir si dichos parámetros geomagnéticos indican o no si estamos yendo hacia una nueva inversión geomagnética.

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

BIBLIOGRAFÍA:

Hulot, G., Sabaka, T.J., Olsen, N., and Fournier, A., (2015). The Present and Future Geomagnetic Field. Treatise on Geophysics, 2nd edition, (2015), vol. 5, pp. 33-78.

Olsen, N., Hulot, G., and Sabaka, T.J., (2014) Sources of the Geomagnetic Field and the Modern Data That Enable Their Investigation. Handbook of Geomathematics. Springer-Verlag. Berlin.

Además, se le proporcionará al alumno/a algunas publicaciones en revistas indexadas que tratan sobre esta temática.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica	
TÍTULO:	Campo Magnético de la Tierra en 2020 - 2025	
TITLE:	Earth's Magnetic Field at 2020 - 2025	
SUPERVISOR/ES:	FRANCISCO JAVIER PAVÓN CARRASCO	
NÚMERO DE PLAZAS:	2	
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 algunas características del campo magnético de la Tierra de origen interno (campo principal) a partir de modelos en armónicos esféricos, como son el Modelo Internacional de Referencia (IGRF) y el modelo CHAOS para el año 2010-2021. El trabajo se basará en estudiar las componentes del campo geomagnético en la superficie de la Tierra y en el límite manto-núcleo externo para determinar algunas características del campo magnético como son la Anomalía del Atlántico sur o la ocurrencia de jerks (impulsos) geomagnéticos. Además de analizar su evolución espacio-temporal en los últimos años (2000 – 2020).

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

BIBLIOGRAFÍA:

Hulot, G., Sabaka, T.J., Olsen, N., and Fournier, A., (2015). The Present and Future Geomagnetic Field. Treatise on Geophysics, 2nd edition, (2015), vol. 5, pp. 33-78.

Olsen, N., Hulot, G., and Sabaka, T.J., (2014) Sources of the Geomagnetic Field and the Modern Data That Enable Their Investigation. Handbook of Geomathematics. Springer-Verlag. Berlin.

Además, se le proporcionará al alumno/a algunas publicaciones en revistas indexadas que tratan sobre esta temática.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica
TÍTULO:	Sismicidad de la Península Ibérica 2019
TITLE:	Seismicity of Iberian Peninsula (2019)
SUPERVISOR/ES:	E. Buforn
NÚMERO DE PLAZAS:	3
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS: Conocer los principales conceptos de sismicidad: distribución espacio-temporal de terremotos, cortes verticales de hipocentros, valor del parámetro b, etc

Aplicar estos conceptos para estudiar las características de los sismos ocurridos en la Península Ibérica en el año 2019.

Analizar los resultados obtenidos y compararlos con los otros autores y para otras zonas.

Determinar el grado de actividad sísmica en el periodo estudiado.

METODOLOGÍA:

El alumno realizará una explotación detallada del Catálogo Sísmico del Instituto Geográfico Nacional, para el periodo propuesto a fin de crear su base de datos.

El alumno aprenderá o repasará los parámetros que definen la sismicidad de una región y las herramientas necesarias para calcularlos.

En una segunda etapa, aprenderá el manejo de software geofísico para la obtención de mapas de sismicidad y perfiles verticales. Aplicará la ley de Gutenberg y Richter a la base de datos, y calculará los parámetros que definen y caracterizan la sismicidad de una región.

La comparación de los resultados obtenidos con los de otros autores y periodos permitirá detectar situaciones anómalas de quietud sísmica o de elevada actividad sísmica.

BIBLIOGRAFÍA:

P. M Shearer. *Introduction to Seismology*. 2ª ed. Cambridge University Press, 2009



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

Udías, A. y E. Buforn. *Principles of Seismology*. Cambridge University Press, 2018

Grandes terremotos en la región Ibero-Mogrebí. Física de la Tierra, vol. 29, 2017

<http://www.ign.es>

Adicionalmente se pueden consultar los años 2018-2020 de las revistas

Bulletin Seismological Society of America

Journal of Seismology

Tectonophysics



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica
TÍTULO:	El Campo de Gravedad aplicado al estudio del interior de la Tierra
TITLE:	The Gravity Field applied to the study of the Earth interior
SUPERVISOR/ES:	Diego Córdoba Barba
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

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

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

METODOLOGÍA:

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

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

Aplicación a una determinada región terrestre.

BIBLIOGRAFÍA:

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



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	FÍSICA DE LA TIERRA Y ASTROFÍSICA
TÍTULO:	TEMPERATURA DE CURIE DERIVADA DEL MAPA DE ANOMALÍAS MAGNÉTICAS EN AMÉRICA CENTRAL Y CARIBE
TITLE:	CURIE TEMPERATURE DERIVED FROM THE MAGNETIC ANOMALIES MAP IN CENTRAL AMERICA AND THE CARIBBEAN
SUPERVISOR/ES:	FÁTIMA MARTÍN HERNÁNDEZ
NÚMERO DE PLAZAS:	2
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

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

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

METODOLOGÍA:

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

BIBLIOGRAFÍA:

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



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica	
TÍTULO:	El Mediterráneo central y occidental: un laboratorio natural para estudiar la física de los procesos geodinámicos.	
TITLE:	The central and western Mediterranean: a natural laboratory to study the physics of geodynamic processes	
SUPERVISOR/ES:	Ana M. Negrodo Moreno y Javier Fullea Urchulutegui	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

1. Comprender la complejidad de la zona de estudio y revisar los procesos geodinámicos que tienen lugar en ella.
2. Comprender conceptual y cuantitativamente los procesos físicos involucrados y las ecuaciones que los gobiernan.
3. Comprender la interrelación entre los procesos profundos y los superficiales. Análisis de las diferentes contribuciones a la respuesta topográfica.
4. Aplicación de modelos físicos sencillos comprendiendo su carácter reduccionista y las limitaciones asociadas.
5. Ampliar la visión social de las consecuencias de los procesos geodinámicos en términos de riesgos naturales y recursos energéticos.

METODOLOGÍA:

El alumno comenzará con una revisión bibliográfica de la temática del trabajo, partiendo de una selección inicial que le será sugerida. Durante esta etapa el alumno constatará el carácter de laboratorio natural de esta región del Mediterráneo y podrá catalogar los diferentes procesos geodinámicos que tienen lugar: rifting continental, subducción, delaminación, orogénesis. Además deberá asociar a estos procesos los importantes geo-riesgos que se dan en la región (terremotos, volcanes) y los recursos energéticos renovables (e.g. energía geotérmica) y no renovables (petróleo y gas).

Una vez alcanzada la comprensión conceptual de los diferentes procesos, el alumno podrá elegir un que le interese y realizar el desarrollo del aparato físico-



matemático, partiendo de las ecuaciones primitivas de conservación de la masa, del momento y de la energía. Dado que estas ecuaciones se resuelven de manera numérica, el alumno revisará los fundamentos de los métodos numéricos y realizará simulaciones sencillas utilizando los códigos disponibles. Finalmente, el alumno realizará un estudio comparado entre las predicciones de los modelos y las observaciones disponibles.

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., and Heister T. (2019) ASPECT User anual, April 29. ASPECT v2.0.1. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2653531>
5. Recursos en internet. 'Lecture notes' de los cursos abiertos del MIT: Geodynamics: <http://ocw.mit.edu/courses/earth-atmospheric-and-planetarysciences/12-520-geodynamics-fall-2006/>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

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 2020-21

Ficha de Trabajo 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
NÚMERO DE PLAZAS:	2
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa: <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente: <input type="checkbox"/>

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 horno Schonstedt o mediante la aplicación de campos alternos decrecientes con un aparato LDA5) y/o de experimentos de magnetismo de rocas en el laboratorio de paleomagnetismo de la UCM. Existe la posibilidad de considerar la realización previa de un muestreo de rocas orientadas in situ con las que trabajar posteriormente

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

-Síntesis de la exposición de resultados y su discusión.

BIBLIOGRAFÍA:

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



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo 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
NÚMERO DE PLAZAS:	2
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa: <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente: <input type="checkbox"/>

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 kappabridge" 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 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica	
TÍTULO:	El pasado del campo magnético terrestre registrado en yacimientos arqueológicos	
TITLE:	The past of the Earth's magnetic field recorded in archaeological materials	
SUPERVISOR/ES:	María Luisa Osete López y Alberto Molina Cardín	
NÚMERO DE PLAZAS:	2	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/>	Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

OBJETIVOS: El objetivo general a alcanzar es obtener 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.
- 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, etc.).

METODOLOGÍA:

Si la situación sanitaria lo permite, el estudiante medirá la magnetización remanente de muestras de un yacimiento arqueológico seleccionado por el profesor. De 8 a 10 muestras serán analizadas por el alumno en el laboratorio de paleomagnetismo del Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica. Las muestras se desimarán por campos alternos decrecientes, y, en su caso, térmicamente. En el caso de que sea aconsejable la docencia on line, el profesor seleccionará datos ya medidos de dos yacimientos y el estudiante analizará los resultados. Se calcularán las direcciones medias y los parámetros estadísticos asociados (Butler 2004). La comparación con la curva patrón de Iberia generada por el modelo SCHA.DIF.3k (Pavón Carrasco et al. 2009), utilizando el programa Archeo_dating proporcionará la edad arqueomagnética del yacimiento Pavón Carrasco et al, 2010).

BIBLIOGRAFÍA:

- Butler, R. *Palaeomagnetism. Magnetic Domains to Geologic Terranes. Electronic Edition (2004)*
- Pavón-Carrasco, F.J.; Osete, M.L.; Torta, J.M.; Gaya-Piqué, L.R. *A regional archeomagnetic model for Europe for the last 3000 years, SCHA.DIF.3K: Applications to archeomagnetic dating. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 10 (3), art. no. Q03013, 2009.*



- 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 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica	
TÍTULO:	Estructura y dinámica planetaria en la Ciencia Ficción: análisis y crítica científica desde la Geofísica.	
TITLE:	Structure and dynamics of planets in the Science Fiction: a geophysical analysis and scientific revision.	
SUPERVISOR/ES:	FRANCISCO JAVIER PAVÓN CARRASCO	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/>	Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

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

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

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

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

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

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



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

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:	2
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/> Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El objetivo a alcanzar en este TFG es ordenar cronológicamente y jerárquicamente todos los conocimientos científicos más destacados que se han 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. Se requieren conocimientos básicos de geofísica y física de estado sólido, típicos de un graduado en física.

BIBLIOGRAFÍA:

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



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica	
TÍTULO:	Esculpiendo la superficie de la Tierra: el reciclaje de las placas tectónicas	
TITLE:	Sculpting the surface of the Earth: recycling tectonic plates	
SUPERVISOR/ES:	Ana M. Negrodo Moreno	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/>	Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

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

METODOLOGÍA:

El/la alumno/a comenzará con una revisión bibliográfica de la temática del trabajo. Esta fase de estudio será progresiva y debe concluir con la comprensión del estado actual de conocimiento de los procesos de subducción oceánica y de delaminación continental. El alumno debe ser capaz de discutir qué aspectos han sido consensuados entre la comunidad científica y cuáles son controvertidos. Posteriormente, el/la alumno/a realizará una revisión de las ecuaciones que rigen los procesos de reciclaje y las aplicará (realizando simplificaciones) para el cálculo de magnitudes que puedan ser comparadas con observaciones. Deberá discutir de manera crítica la importancia de las simplificaciones realizadas y comprender el carácter reduccionista de los modelos físicos. Finalmente, el/la alumno/a realizará un estudio comparado entre las predicciones de los modelos y las observaciones globales.



BIBLIOGRAFÍA:

1. Turcotte and Schubert, 2002, Geodynamics. Cambridge University Press.
2. Ranalli, G., 1995, Rheology of the Earth. Chapman and Hall eds.
3. Fowler, C.M.R., 2005, The Solid Earth: An Introduction to Global Geophysics, Cambridge University Press.
4. Gerya, T. 'Numerical Geodynamic Modelling' Cambridge University Press.
5. Recursos en internet. 'Lecture notes' de los cursos abiertos del MIT:
Geodynamics: <http://ocw.mit.edu/courses/earth-atmospheric-andplanetarysciences/12-520-geodynamics-fall-2006/>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica		
TÍTULO:	La corteza terrestre a escala global		
TITLE:	The Earth's crust at global scale		
SUPERVISOR/ES:	Javier Fullea Urchulutegui		
NÚMERO DE PLAZAS:	1		
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/>	Selección por expediente	<input checked="" type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

1. Caracterización geofísica y petrológica de la corteza terrestre. Comprensión de la discontinuidad corteza-manto.
2. Revisión bibliográfica de las diferentes técnicas geofísicas empleadas para modelizar la corteza. Comprensión de la resolución e incertidumbres asociadas.
3. Compilación crítica de estudios sísmicos pasivos sobre la estructura cortical en océanos y continentes.
4. Comparación de modelos globales de corteza disponibles para la comunidad científica
5. Cálculo de las respuestas gravimétricas e isostáticas de los diversos modelos de corteza.

METODOLOGÍA:

El alumno comenzará con una revisión bibliográfica de la temática del trabajo. Primero deberá familiarizarse con la corteza terrestre desde un punto de vista geofísico y petrológico así como con la dicotomía entre océanos y continentes. En la segunda fase del estudio bibliográfico el alumno revisará las diferentes técnicas geofísicas (sísmicas, gravimétricas) empleadas para estudio de la estructura cortical, sus capacidades de resolución e incertidumbre.

Posteriormente realizará una comparación entre modelos globales de corteza disponibles (open access), y una compilación de estudios geofísicos (sísmica pasiva) disponibles en océanos y continentes. En la última fase el alumno realizará un cálculo de la respuesta gravimétrica e isostática de los diferentes modelos de corteza.



BIBLIOGRAFÍA:

1. Turcotte, D., & Schubert, G. (2014). Geodynamics. Cambridge university press.
2. Mooney, W. D. (2010). 1.11 Crust and Lithospheric Structure—Global Crustal Structure. *Seismology and Structure of the Earth: Treatise on Geophysics*, 1, 361.
3. Claus Prodehl, Walter D. Mooney, 2012, *Exploring the Earth's Crust—History and Results of Controlled-Source Seismology*, DOI: <https://doi.org/10.1130/MEM208>, Geological Society of America
4. Rudnick, R. L., and S. Gao. "The crust. *Treatise on geochemistry*." Elsevier Ltd. Oxford 3 (2003)
5. Heiskanen, W.A. and Moritz, H. (1967) *Physical Geodesy*. W.H. Freeman and Company, San Francisco.
6. Afonso, J. C., Moorkamp, M. and Fulla, J. (2016). *Imaging the Lithosphere and Upper Mantle*. In *Integrated Imaging of the Earth* (eds M. Moorkamp, P. G. Lelièvre, N. Linde and A. Khan). doi:10.1002/9781118929063.ch10



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica	
TÍTULO:	Métodos de fusión de datos y su aplicación a la integración de datos geofísicos del subsuelo.	
TITLE:	Data fusion methods and their application to subsurface geophysical data integration.	
SUPERVISOR/ES:	Juanjo Ledo	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/>	Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Aplicación y desarrollo de algoritmos de clasificación sin supervisión a datos geofísicos y su interpretación. Los objetivos de aprendizaje para los estudiantes son: 1) profundizar en los conocimientos de geofísica; 2) integración de datos multifísicos mediante técnicas de 'machine-learning' y 3) interpretación práctica de los resultados.

METODOLOGÍA:

En la exploración geofísica, la comprensión de las estructuras del subsuelo en zonas complejas conlleva la combinación e integración de diferentes conjuntos de datos observados. La integración no supervisada de medidas geofísicas, que responden a diferentes propiedades físicas de las rocas del subsuelo, plantea diferentes retos en su aplicación. Así, por ejemplo, en muchas situaciones los diferentes observables geofísicos pueden presentar variaciones de varios ordenes de magnitud entre ellos por lo que es necesario emplear procesos de normalización antes de aplicar los métodos de clasificación. Los pasos para el desarrollo de este trabajo incluyen: 1) selección de datos en bases geofísicas públicas; 2) la aplicación y desarrollo de algoritmos de clasificación (fuzzy c-means, k-means) empleando Matlab, Python o entornos abiertos de 'machine-learning' como WEKA; 3) la interpretación de los resultados.

BIBLIOGRAFÍA:

Ian H. Witten, Eibe Frank, and Mark A. Hall. 2011. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques (3rd. ed.). Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA.

García-Yeguas, A., J. Ledo, P. Piña-Varas, J. Prudencio, P. Queralt, A. Marcuello, J. M. Ibañez, B. Benjumea, A. Sánchez-Alzola, and N. Pérez. 2017. "A 3D joint interpretation of magnetotelluric and seismic tomographic models: The case of the



volcanic island of Tenerife." Computers & Geosciences 109:95-105.
Julio Cesar S. O. Lyrio, Paulo T. L. Menezes, Jorlivan L. Correa, and Adriano R. Viana.
Multiphysics anomaly map: A new data fusion workflow for geophysical
interpretation Interpretation 2020 8:2, B35-B43



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

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 investigará 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 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica	
TÍTULO:	La Sociedad y la Ciencia.	
TITLE:	The society and the Science	
SUPERVISOR/ES:	Belen Rodríguez de Fonseca	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Este trabajo está motivado por la importancia de la ciencia en la sociedad. Se pretende hacer un viaje por la historia, indicando como todas las ramas de la física han avanzado en consonancia con la sociedad. Así, los materiales han afectado la forma de vida de las personas durante toda la historia, desde los metales en la prehistoria, hasta los plásticos o el silicio en la actualidad.

En una sociedad en la cual la ciencia es importante, se dedicarán más recursos a la investigación y el desarrollo de la misma irá en un camino diferente a la de una sociedad en la cual la ciencia no se tiene en cuenta. No obstante, las líneas de investigación prioritarias dependerán de las necesidades de la sociedad. Un ejemplo claro es la situación actual creada por el COVID-19.

Se pretende analizar un caso de estudio a la relación bidireccional entre la sociedad y la ciencia centrado en El Cambio Climático, entendiendo la posición científica como la reacción de la sociedad y el desarrollo de la misma atendiendo a cómo se ha entendido el Cambio Climático.

METODOLOGÍA:

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

En una segunda parte se analizarán datos haciendo un estudio objetivo con diferentes parámetros con el fin de entender las relaciones entre las variables sociales y científicas a considerar.

En una tercera parte se hará un análisis más detallado en relación al Cambio



Climático y la Sociedad.

BIBLIOGRAFÍA:

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

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

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



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



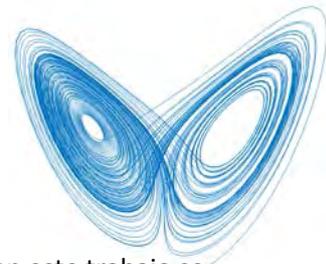
GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo 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
NÚMERO DE PLAZAS:	2
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

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



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

METODOLOGÍA:

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

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

BIBLIOGRAFÍA:

Lorenz, E. N, 1963: Deterministic nonperiodic flows. *J. Atmos. Sci.*, 20, 130-141. [URL](#)
Press, W. H., B. P. Flannery, S. A. Teukolsky y W. T. Vetterling, 1989: Numerical Recipes. The art of scientific computing. Cambridge Univ. Press, 702 pp.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo 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	
NÚMERO DE PLAZAS:	3	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

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

Para ello, se establecen los siguientes objetivos específicos:

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

METODOLOGÍA:

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

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

Seguidamente, y a elección del estudiante, éste realizará un estudio centrado en los cambios de un particular componente de la criosfera (hielo marino, nieve, glaciares, casquetes



polares, etc...), en el que incluya también su relación con cambios observados en otro componente del sistema climático. 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. Esta parte del trabajo se desarrollará empleando datos disponibles en portales de instituciones gubernamentales (de acceso libre), que serán aportados por la profesora.

Se requiere tener conocimientos de inglés escrito.

BIBLIOGRAFÍA:

- Ahrens, C.D.: *Meteorology Today*. West Publ. Co. (varias ediciones, desde 1994 a 2019)
- Hartmann, D.L.: *Global Physical Climatology*. Academic Press Inc. (1994)
- Peixoto, J.P. & A.H. Oort : *Physics of Climate*. American Institute of Physics. (1992, 1995).

<http://www.ipcc.ch>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica
TÍTULO:	Modelo conceptual de manto de hielo marino
TITLE:	Conceptual marine ice-sheet model
SUPERVISOR/ES:	María Luisa Montoya Redondo
NÚMERO DE PLAZAS:	2
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El manto de hielo de la Antártida es el mayor manto de hielo existente en la actualidad. Su desaparición conllevaría un aumento global del nivel del mar de casi 60 metros. Su sector occidental es especialmente vulnerable al tratarse de un manto de hielo llamado marino. Su base se encuentra posada sobre el lecho rocoso por debajo del nivel del mar, con lo que está en contacto directo con el océano circundante. Por tanto, dicho manto está expuesto a cambios que puedan producirse en la temperatura del océano, en particular derivados del cambio climático futuro. Dicho sector podría estar sometido a una inestabilidad intrínseca debido a sus características topográficas, la así llamada inestabilidad de los mantos de hielo marinos. Su desaparición podría conllevar un aumento de entre 3-5 m del nivel del mar. El objetivo de este trabajo es construir un modelo conceptual de dicho manto, estudiar sus posibles soluciones y discutir los resultados en relación con la estabilidad futura del manto, enmarcando el problema en el contexto del cambio climático futuro.

METODOLOGÍA:

Los alumnos construirán un modelo conceptual de manto de hielo marino basado en la bibliografía propuesta. Se analizará el comportamiento de las soluciones en función de los valores de los parámetros empleados y/o las condiciones iniciales. Habrá una reunión inicial con todos los alumnos, en la que se explicará en detalle el trabajo a realizar, se facilitará el guion y del trabajo a desarrollar y se proporcionará la bibliografía necesaria para construir el modelo. Posteriormente, cada alumno podrá interactuar con el profesor responsable a través de tutorías. El modelo numérico y el análisis de resultados podrán hacerse en cualquier lenguaje de



programación a elegir por el alumno.

BIBLIOGRAFÍA:

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

Schoof, C. (2007). Ice sheet grounding line dynamics: Steady states, stability, and hysteresis. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 112(F3), <https://doi.org/10.1029/2006JF000664>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica
TÍTULO:	Características e impactos del fenómeno de El Niño – Oscilación del Sur
TITLE:	Characteristics and impacts of the El Niño – Southern Oscillation
SUPERVISOR/ES:	Elsa Mohino Harris
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente

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.

BIBLIOGRAFÍA:

- Hartmann, D.L. (1994): Global Physical Climatology. AcademicPress Inc. (411pp)



- Leroux, M. (1998): Dynamic Analysis of Weather and Climate: atmospheric circulation, perturbations, climate evolution. Wiley & Sons. (365 pp)
- Potter, T. y Colman B.R. (2003): Handbook of weather, climate, and water : atmospheric chemistry, hydrology, and societal impacts. Wiley-Interscience (973pp)
- J. Gorgas, N Cardiel y J Zamorano: Estadística básica para estudiantes de Ciencias. UCM.
- Artículos científicos específicos sobre la dinámica del fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur y sobre alguno de sus impactos.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica	
TÍTULO:	Variabilidad y cambio climáticos en el Mediterraneo	
TITLE:	Climate variability and change in the Mediterranean	
SUPERVISOR/ES:	Elsa Mohino Harris	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente

OBJETIVOS:

- Conocer las principales características climatológicas de la región Mediterránea
- Evaluar la variabilidad y cambio climáticos en esta región
- 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 de la climatología y variabilidad y cambio climáticos de la región Mediterránea, basándose en la bibliografía recomendada y en los artículos científicos específicos facilitados.

En un segundo paso, el alumno analizará datos (observaciones y/o reanálisis y/o modelos) para caracterizar de forma práctica la climatología, así como la variabilidad y cambio climáticos en la región Mediterránea. En particular, el alumno representará con software específico variables como la temperatura en superficie o la precipitación.

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 "Bases Físicas del Cambio Climático" de 4º del Grado en Física.

BIBLIOGRAFÍA:

- Hartmann, D.L. (1994): Global Physical Climatology. AcademicPress Inc. (411pp)
- Leroux, M. (1998): Dynamic Analysis of Weather and Climate: atmospheric



circulation, perturbations, climate evolution. Wiley & Sons. (365 pp)

- Potter, T. y Colman B.R. (2003): Handbook of weather, climate, and water : atmospheric chemistry, hydrology, and societal impacts. Wiley-Interscience (973pp)
- J. Gorgas, N Cardiel y J Zamorano: Estadística básica para estudiantes de Ciencias. UCM.
- Artículos científicos específicos sobre la variabilidad y cambio climático en la región Mediterránea.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica	
TÍTULO:	El agujero de ozono en el Ártico: el papel clave de la dinámica.	
TITLE:	Ozone hole in the Arctic: the key role of dynamics.	
SUPERVISOR/ES:	Natalia Calvo Fernández / Marta Abalos Álvarez	
NÚMERO DE PLAZAS:	3	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

L

OBJETIVOS:

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

METODOLOGÍA:

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



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

BIBLIOGRAFÍA:

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

Otros recursos disponibles:

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

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

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



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica	
TÍTULO:	Estudio de la Circulación Meridional de Retorno del Atlántico en 26°N	
TITLE:	Study of the Atlantic Meridional Overturning Circulation at 26°N	
SUPERVISOR/ES:	Irene Polo Sánchez	
NÚMERO DE PLAZAS:	3	
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 a latitudes subtropicales (26°N)
- Entender su importancia en el clima global y cómo se está observando la AMOC a 26°N
- Identificar años anómalos de la AMOC y su posible forzamiento atmosférico y/o su impacto en la temperatura del océano.

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 patrones de vientos superficiales asociados y/o de la 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 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica
TÍTULO:	Análisis de extremos meteorológicos y climáticos
TITLE:	Analysis of weather and climate extremes
SUPERVISOR/ES:	Ricardo García Herrera y Carlos Ordóñez García
NÚMERO DE PLAZAS:	5
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Uno de los efectos más relevantes asociados al Cambio Climático es el incremento en la frecuencia de eventos extremos. El trabajo pretende caracterizar los patrones de circulación atmosférica responsables de la ocurrencia de fenómenos tales como sequías, olas de calor o precipitaciones intensas a escala sinóptica, evaluando las anomalías asociadas a los mismos.

METODOLOGÍA:

1. Se realizará una revisión bibliográfica de algunos artículos científicos relacionados con los eventos extremos.
2. A cada estudiante se le facilitarán los detalles sobre el evento extremo a estudiar.
3. Cada estudiante aprenderá el manejo de herramientas tales como reanálisis meteorológicos y archivos de imágenes satelitales para el cálculo de campos meteorológicos e identificación de patrones a escala sinóptica.
4. Se calcularán los patrones de circulación y los impactos asociados a cada evento, así como sus anomalías con respecto a la climatología y su posible relación con índices climáticos de circulación.

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

BIBLIOGRAFÍA:

C.D. Ahrens (2000). Meteorology Today, 6ª edición. West Publ. Co.



R.B. Stull (2000). Meteorology for Scientists and Engineers, 2ª ed. Brooks/Cole Thomson Learning

J.M. Wallace y P.V. Hobbs (1977, 1ª edición; 2006, 2ª edición). Atmospheric Science: An Introductory Survey. Academic Press. Elsevier

Otros recursos disponibles:

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

<http://www.meteociel.fr/>

<http://www.wetterzentrale.de/es/reanalysis.php?model=cfsr&var=1&map=1>

<http://www.eumetrain.org/>

<https://www.meted.ucar.edu/index.php>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica
TÍTULO:	Modelización de la edad de mantos de hielo
TITLE:	Modeling the age of ice sheets
SUPERVISOR/ES:	Alexander Robinson
NÚMERO DE PLAZAS:	2
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Los mantos de hielo actuales en Groenlandia y la Antártida están en peligro de perder masa bajo calentamiento global, lo que aumentará el nivel del mar global significativamente. Se usan modelos numéricos que simulan la dinámica de los mantos para estimar su evolución potencial en el futuro. La mejor manera de validar el resultado es comparando el comportamiento del modelo bajo condiciones pasadas con datos y reconstrucciones. Uno de los datos más potentes, y hasta ahora poco usado, para constreñir los modelos es la edad del hielo – lo cuál se ha obtenido por radiografía de las capas internas del hielo y por muestras de hielo sacado de perforaciones profundas. El objetivo de este trabajo es investigar la capacidad de un modelo numérico en simular la edad de hielo en un dominio idealizado y estudiar las condiciones que afectan a la solución. Será el primer paso hacia simulaciones realistas de edad en los mantos de hielo actuales.

METODOLOGÍA:

Los alumnos usarán el modelo Yelmo, un modelo termodinámico 3D de vanguardia que se está desarrollando en nuestro grupo, y que incluye la capacidad de simular la edad de hielo. Se construirán simulaciones idealizadas en las que se puede controlar tanto las condiciones de contorno del modelo (como la acumulación y fusión de masa en la superficie) como sus parámetros internos. Se hará un estudio de sensibilidad de la edad simulada a estas características, y se analizará las relaciones entre la distribución de edades en el manto simulado y los parámetros cambiados. Habrá una reunión inicial con todos los alumnos, en la que se explicará en detalle el trabajo a realizar, se facilitará el guion del trabajo a desarrollar y se proporcionará la bibliografía necesaria para entender el problema. Posteriormente, cada alumno podrá interactuar con el profesor responsable a través de tutorías. El análisis posterior de los resultados podrá hacerse en cualquier lenguaje de programación a elegir por el alumno.

**BIBLIOGRAFÍA:**

Rybak, O. and Huybrechts, P.: A comparison of Eulerian and Lagrangian methods for dating in numerical ice-sheet models, *Annals of Glaciology*, 37, 150–158, [doi:10.3189/172756403781815393](https://doi.org/10.3189/172756403781815393), 2003.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica	
TÍTULO:	La calidad del aire con el Covid-19	
TITLE:	Air Quality with Covid-19	
SUPERVISOR/ES:	Rosa M. González Barras	
NÚMERO DE PLAZAS:	3	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El alumno realizará un estudio del impacto de contaminantes atmosféricos en solo una de las comunidades autónomas españolas antes y después del periodo de confinamiento por el coranovirus.

El trabajo consistirá en procesar, analizar y sintetizar la información de los niveles de contaminación registrados en la red fija de estaciones de una comunidad y su comparativa entre, al menos, dos periodos temporales. Además podrá incluir los efectos de situaciones meteorológicas.

METODOLOGÍA:

El alumno dispondrá de los datos e información que proporcionan las comunidades autónomas en sus portales relativos a su red de vigilancia de la calidad del aire.

El alumno elegirá el periodo de tiempo y las regiones o ciudades así como los contaminantes a estudiar en dicha comunidad autónoma.

El alumno analizará la evolución temporal de las concentraciones de los contaminantes seleccionados y especialmente la influencia del confinamiento.

El análisis de esta información puede requerir el manejo de software o/y la creación de sus propios códigos para el tratamiento de los datos.

BIBLIOGRAFÍA:

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

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

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



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica
TÍTULO:	Impacto de la Variabilidad del Atlántico Tropical en el Clima
TITLE:	Impact of Tropical Atlantic Variability on Climate
SUPERVISOR/ES:	Teresa Losada Doval
NÚMERO DE PLAZAS:	3
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

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

METODOLOGÍA:

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

BIBLIOGRAFÍA:

Gorgas, Cardiel y Zamorano. Estadística básica para estudiantes de ciencias. UCM

Hannachi, A., Jolliffe, I. T., & Stephenson, D. B. (2007). Empirical orthogonal functions and related techniques in atmospheric science: A review. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 27(9), 1119-1152.

Hartmann, D. L. (2015). *Global physical climatology* (Vol. 103). Newnes.

Lubbecke et al (2018) Equatorial Atlantic variability —Modes, mechanisms, and global teleconnections.

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



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

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 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica	
TÍTULO:	Un ejemplo del viento térmico: el vórtice polar estratosférico en observaciones y modelos climáticos	
TITLE:	A thermal wind case: the stratospheric polar vortex in observations and climate models	
SUPERVISOR/ES:	Blanca Ayarzagüena	
NÚMERO DE PLAZAS:	2	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

- Aplicar los conocimientos aprendidos sobre dinámica atmosférica a la circulación estratosférica.
- Aprender los aspectos básicos de la dinámica estratosférica polar y en especial, de su evolución estacional.
- Estudiar eventos importantes de la variabilidad estratosférica como los calentamientos súbitos estratosféricos.
- Adquirir conocimientos en el manejo de bases de datos.

METODOLOGÍA:

En primer lugar, el alumno se servirá de la bibliografía facilitada por los tutores, para aprender los conocimientos básicos de la dinámica estratosférica y en particular, de su estacionalidad. Una vez adquiridos estos conocimientos, el alumno realizará una búsqueda bibliográfica de los estudios más recientes sobre los eventos de la variabilidad estratosférica.

Más tarde, el/la alumn@ estudiará el ciclo estacional promedio del perfil de la temperatura y el viento zonal en la estratosfera en el Hemisferio Norte (TFG1) y en el Hemisferio Sur (TFG2) con datos meteorológicos.

Por último, cada alumno estudiará dicha evolución en un invierno específico (2017/2018 para el TFG1 y 2019 para el TFG2) prestando especial atención a la ocurrencia de calentamientos súbitos estratosféricos.

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/o alguna de las asignaturas de "Bases físicas del Cambio Climático" y "Fundamentos de Meteorología" de 4º del Grado en Física.



BIBLIOGRAFÍA:

1. Guión elaborado por los profesores responsables de la dirección del trabajo.
2. Ahrens, C.D.: *Meteorology Today*, 6a edición. West Publ. Co. (2000).
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. J. Gorgas, N Cardiel y J Zamorano: *Estadística básica para estudiantes de Ciencias*. UCM.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo 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	
NÚMERO DE PLAZAS:	2	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/>	Selección por expediente <input checked="" 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 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Física de la Tierra y Astrofísica
TÍTULO:	Variabilidad climática en la Sierra de Guadarrama
TITLE:	Climate variability in the Sierra de Guadarrama
SUPERVISOR/ES:	J. Fidel González Rouco
NÚMERO DE PLAZAS:	2
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/> Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

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

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

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

METODOLOGÍA:

1.- Se realizará un análisis bibliográfico de textos y artículos relacionados con la climatología en montaña.

2.- Se obtendrán los datos de variables relevantes en la zona de interés.

3.- Se estudiarán mediante métodos estadísticos y modelos el comportamiento de las variables climáticas de la red GuMNet y se relacionarán con variaciones climáticas a gran escala

BIBLIOGRAFÍA:

Barry, R.G. Mountain Weather and Climate; Cambridge University Press., 2008.

Beniston, M. Mountain Climates and Climatic Change: An Overview of Processes Focusing on the European Alps. Pure Appl. Geophys. **2005**, 162, 1587–1606.

Spehn, E.; Koerner, C. Biodiversity in Mountains: A Natural Heritage Threatened by Climate Change. In Mountains and Climate Change: From understanding to action;



Kohler, T.; Maselli, D., Eds.; Swiss Agency for Development and Cooperation SDC, 2009; pp. 42–47. ^[1]_[SEP]

Para más información contactar con fidelgr@ucm.es



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	FÍSICA DE LA TIERRA Y ASTROFÍSICA
TÍTULO:	Mecanismos atmosféricos de transporte de calor y momento en los extratropicos del Hemisferio Norte.
TITLE:	Mechanisms of atmospheric heat and momentum transport in the Northern Hemisphere extratropics
SUPERVISOR/ES:	PABLO ZURITA GOTOR
NÚMERO DE PLAZAS:	3
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/> Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

- Entender la importancia de la advección para la redistribución de energía y momento en la atmósfera
- Entender la distinción entre transporte medio y transporte eddy (o transporte turbulento)
- Analizar la variabilidad estacional e interanual del transporte eddy en el Hemisferio Norte usando datos observacionales.
- Representar los aspectos más destacables de esta variabilidad mediante mapas.

METODOLOGÍA:

En la primera parte del trabajo, el alumno efectuará una revisión bibliográfica en la que se familiarizará con los balances de calor y momento en la atmósfera, así como con el papel jugado por la circulación atmosférica en este balance. También se familiarizará con la descomposición de Reynolds y el concepto de flujos turbulentos.

Posteriormente, el tutor proporcionará al alumno series temporales con los transportes eddy observados en el Hemisferio Norte. A partir de estos datos, el alumno analizará usando el software científico Matlab la evolución estacional del transporte eddy así como la variabilidad interanual de dicho transporte en las distintas estaciones.

BIBLIOGRAFÍA:

- Peixoto and Oort (1992): Physics of Climate. American Institute of Physics
- Hartmann (2016). Global Physical Climatology. Elsevier
- Artículos científicos especializados