

Facultad de Ciencias Físicas



Jornadas de Doctorandos

Programas de Física y Astrofísica

**SESIÓN DE PRIMAVERA 2026
17 - 19 MARZO 2026
Aula M2**

LIBRO DE RESÚMENES

Programa de Ponencias

Martes 17 marzo 2026

09:30-09:45 Marco Mendivil Carboni
09:45-10:00 Juan Luis Garrido Irigoyen
10:00-10:15 Sara Madera Sánchez
10:15-10:30 Silvia Martínez Martínez
10:30-10:45 Lorena Galiano Sánchez
10:45-11:00 Jone Etxebarria Erdoiza
11:00-11:15 Carlos Gimenez Berenguer

11:15-11:30 Descanso

11:30-11:45 Ángela Esteban Temprano
11:45-12:00 Daniel Díaz Fernández
12:00-12:15 Jesús Luque del Castillo
12:15-12:30 Néstor Rivero González
12:30-12:45 Diego Voces Porteiro
12:45-13:00 Antonio Miguel González Bello-Morales

Miércoles 18 marzo 2026

09:30-09:45 Carlos Díaz Ginzo
09:45-10:00 Silvia García Soto
10:00-10:15 Juba Barrios Ortiz
10:15-10:30 Asier Lambarri Martinez
10:30-10:45 Virginia Carcelén Aycart
10:45-11:00 Adrián Aranda Oliva

11:00-11:20 Descanso

11:20-11:35 Alejandro Villar Millán
11:35-11:50 Javier Banegas Paredes
11:50-12:05 Raúl Pérez Parras
12:05-12:20 Fernando Barnes Sanchez
12:20-12:35 Sergio Turrado Prieto
12:35-12:50 Juan Antonio Molina Calzada

12:50-13:10 Descanso

13:10-13:25 Hamed Zare
13:25-13:40 Ana Varo O'Ferrall
13:40-13:55 Alberto Pérez-Mugía
13:55-14:10 Guillermo Vera Díaz
14:10-14:25 David Díaz-Guerra

Jueves 19 marzo 2026

09:30-09:45 ZHEN LYU
09:45-10:00 Martín Bengoechea Albalá
10:00-10:15 Pablo Vizcaíno García
10:15-10:30 Raquel Calvo Núñez
10:30-10:45 Adrián Zazpe Apezteguía
10:45-11:00 Nerea León Aznar

11:00-11:20 Descanso

11:20-11:35 Irena Stolic
11:35-11:50 Miguel Pérez Cerdán
11:50-12:05 José Ángel Bejarano Vázquez
12:05-12:20 Shirin Talebniya
12:20-12:35 Luyuting Wei
12:35-12:50 Susana Aberturas López

Programa de Doctorado en Física

Evolving Safely: Adaptation and Phenotypic Diversity under Environmental and Demographic Constraints

Marco Mendivil Carboni

Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica (UCM)

Natural populations rarely evolve under stable conditions. In this study, we introduce a minimal stochastic model to explore how adaptation unfolds under fluctuating environments and demographic constraints. By representing both environmental transitions and population dynamics as continuous-time Markov processes, we quantify how different regimes of variability shape evolutionary outcomes. Our results show that under strong environmental uncertainty and population pressure, populations evolve toward “safer” strategies, sacrificing part of their reproductive potential to reduce extinction risk. These findings offer a mechanistic perspective on how environmental noise and ecological limits drive the evolution of phenotypic diversity and robustness.

First-Principles Analysis of Gas sensing on Magnetic Fe_3O_4 Surfaces

Shirin Talebniya

Departamento de Física de Materiales (UCM)

This study is situated within the growing field of non-invasive medical diagnostics based on breath analysis. The detection of exhaled biomarkers offers a promising strategy for real-time monitoring of diseases such as asthma, diabetes, and oxidative stress. Magnetite (Fe_3O_4) nanoparticles are particularly attractive for this purpose because their surface magnetization can be modified by gas adsorption, forming the basis of magnetostatic surface spin-wave (MSSW) sensors. Since exhaled breath and ambient air contain small inorganic molecules such as CO, O_2 , CO_2 , and N_2 , understanding their interaction with Fe_3O_4 surfaces is essential before targeting disease-specific volatile organic compounds.

The main objective of this work is to establish a fundamental atomistic understanding of how small inorganic molecules interact with $\text{Fe}_3\text{O}_4(111)$ surfaces and how these interactions influence electronic structure and magnetization. Using spin-polarized DFT+ U calculations, adsorption energies, charge transfer, and spin-moment variations were systematically evaluated on both tetrahedral (Fe^{3+} -terminated) and octahedral ($\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ -terminated) surfaces. A comprehensive configurational search was performed to identify the most stable adsorption structures and to correlate molecular binding with changes in local oxidation states and net surface magnetization.

Preliminary results show that adsorption strength and magnetic perturbation depend strongly on both the molecule and the surface termination. O_2 exhibits the strongest chemisorption (down to -2.81 eV on the octahedral surface), followed by CO and CO_2 , while N_2 remains weakly physisorbed. The octahedral termination systematically enhances adsorption, charge transfer (up to $\sim 0.75 e$ for O_2), and magnetic moment variation, whereas the tetrahedral surface induces weaker, more localized effects. Strong chemisorption correlates with significant near-surface magnetization changes.

Future work will extend this theoretical framework to more complex, disease-related volatile organic compounds, optimize surface termination and chemistry to enhance sensitivity and selectivity, and support the experimental development of Fe_3O_4 -based magnetic gas sensors for practical breath diagnostics.

Simulación e impresión de Perfiles térmicos en Fabricación aditiva

José Ángel Bejarano Vázquez
Departamento de Física de Materiales (UCM)

La ponencia presenta los resultados del primer año de tesis, donde se ha simulado mediante elementos finitos un proceso de impresión 3D en metales para posteriormente mediante el uso de métodos de Deep Learning predecir perfiles térmicos en nodos del material. Esto es crucial para predecir fases y estructura final de la pieza.

Commerical GaN FETs Radiation destructive events: Lot-to-lot and intra-lot variability

Miguel Pérez Cerdán
Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica (UCM)

This article presents the results of Single Event Effects (SEE) tests on commercial Gallium Nitride (GaN) FETs – HEMTs, which have garnered rapid interest in the space power industry due to new market demands. Throughout the work, it is observed that these components exhibit lot-to-lot and intra-lot variability without any notification of changes in the manufacturing process, a phenomenon not seen in silicon (Si) components, which are traditionally used in the industry. This challenges the standards that dictate how these components must be accepted for their use in space equipment hardware. The authors present the devices, testing results and preliminary analysis conducted on the samples with the aim of establishing a relationship between the electrical parameters of the components and the irradiation behavior. This represents the first step in this type of study, with the goal of developing a method to predict how the components will perform under radiation effects before testing them.

Integrated on-chip photonic sensors powered by artificial intelligence and nanostructured metamaterials

Irena Stolic
Departamento de Óptica (UCM)

On-chip integrated spectrometers are of interest for a wide range of applications, including environmental sensing and lab-on-a-chip biomedical systems. Specifically, spatially heterodyne Fourier transform (SHFT) architectures provide high resolution in a small footprint through the use of integrated interferometer arrays.

SHFT performance also benefits from the high level of maturity in silicon photonics. However, there are important challenges in moving from laboratory demonstrators to real-world applications in uncontrolled environments. Manufacturing imperfections and environmental conditions (primarily temperature variations) distort the recovered spectrum and reduce its accuracy. The goal of my PhD Thesis is to develop high-resolution, on-chip integrated photonic sensors by combining subwavelength grating (SWG) technology with artificial intelligence (AI). This synergistic approach will enable the design of low-loss, broadband functional blocks, including auxiliary sensing elements for measuring and compensating thermal drift, while optimizing both the spectrometer's components and the processing of the data it generates.

SWG metamaterials are nanostructured waveguides with properties which allow them to be perceived by the guided light as a homogeneous anisotropic metamaterial that combines the optical properties of cladding and core

materials [1]. This allows for the customization of effective refractive indices, dispersion profiles, and anisotropic properties through geometric design, opening up the design possibilities for ultra-wideband, low-loss, and selectively polarized devices.

This work presents an initial analysis of the temperature dependence of integrated photonic waveguides, establishing a foundation for subsequent studies on more advanced photonic integrated circuit topologies. The objective is to demonstrate the potential of SWG structures for on chip temperature management. We compare the thermal response of conventional Si wire waveguides with that of SWG structures based on standard geometries, highlighting the differences in their thermo optic behavior and the opportunities these differences create for improved thermal control in integrated photonics.

References [1] P. Cheben et al., Nature Photonics 13, 80 (2019).

Reducción de dosis en fluoroscopia de rayos X mediante técnicas de inteligencia artificial

Nerea León Aznar

Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica (UCM)

La fluoroscopia es una técnica de diagnóstico por imágenes que permite la obtención de rayos X en tiempo real, facilitando la visualización dinámica de las estructuras internas del organismo. Esta modalidad, al igual que la radiografía convencional, requiere un compromiso entre la relación señal-ruido (SNR) y la dosis de radiación absorbida por el paciente, especialmente en procedimientos intervencionistas donde la exposición es prolongada. En condiciones de baja dosis, la señal se ve degradada por la presencia de ruido cuántico y electrónico, lo que dificulta el diagnóstico clínico preciso. En este contexto, se propone un flujo metodológico que combina la caracterización física del haz de rayos X utilizado con arquitecturas de aprendizaje profundo para la restauración de imágenes médicas de baja dosis.

El proceso consiste en la caracterización experimental de un sistema de rayos X industrial mediante la medida del espectro de emisión y la eficiencia de detección cuántica del detector. Estos parámetros permiten implementar un modelo físico capaz de simular de forma realista el proceso de formación de imagen y la estadística del ruido para diferentes configuraciones de voltaje (kV) y carga (mAs). A partir de este modelo, se genera un conjunto de imágenes sintéticas con una SNR controlada, equivalente a adquisiciones reales de baja dosis. Estas imágenes se emplean para el entrenamiento supervisado de redes neuronales convolucionales (CNN) tipo U-Net, orientadas a la eliminación selectiva de ruido preservando los detalles estructurales. Los resultados muestran una mejora significativa en las métricas de calidad de imagen, permitiendo que adquisiciones de baja dosis alcancen estándares visuales propios de dosis más elevadas. Este enfoque optimiza la seguridad radiológica y sienta las bases para el procesamiento de imágenes de rayos X en tiempo real dentro del entorno clínico e industrial.

Radioterapia FLASH: una revolución en curso

Adrián Zazpe Apezteguia

Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica (UCM)

El cáncer es una de las principales causas de mortalidad a nivel mundial, y la radioterapia constituye uno de los pilares fundamentales de su tratamiento. En los últimos años, la irradiación a tasas de dosis ultrarrápidas, conocida como radioterapia FLASH (≥ 40 Gy/s), ha despertado un gran interés debido a su potencial para reducir la toxicidad en tejido sano manteniendo el control tumoral. Sin embargo, los mecanismos responsables del efecto FLASH siguen sin

conocerse con precisión, lo que hace necesario el desarrollo de plataformas experimentales específicas que permitan su estudio sistemático.

Esta tesis doctoral se centra en la puesta a punto, caracterización y optimización de instalaciones de irradiación con protones para hacer posible la investigación del efecto FLASH en entornos no diseñados originalmente para este tipo de experimentos. El trabajo se ha desarrollado en dos escenarios complementarios: protones clínicos de alta energía en el sistema Proteus One (Quirónsalud) y protones de baja energía (10 MeV) en el acelerador electrostático del CMAM.

Se han llevado a cabo estudios de caracterización de la óptica del haz, optimización de sistemas de dispersión, simulaciones Monte Carlo y dosimetría con películas radiocrómicas para obtener campos homogéneos y tasas de dosis compatibles con irradiaciones FLASH. Asimismo, se han desarrollado herramientas experimentales específicas para garantizar condiciones reproducibles y controladas.

Un aspecto clave del trabajo es el estudio de la hipoxia como posible modulador del efecto FLASH. Para ello, se han diseñado y optimizado sistemas de control de oxígeno que permiten reproducir condiciones hipóxicas de forma estable durante las irradiaciones.

En conjunto, esta tesis proporciona la base instrumental y metodológica necesaria para investigar el efecto FLASH en protonterapia y contribuir a su futura implementación clínica.

Flexible Nanostructured Electrodes for Minimally Invasive Neural Interfaces

Raquel Calvo Núñez
IMDEA Nanociencia

Neural interfaces are important devices to study, diagnose, treat, and stimulate neural activity. However, implanted neural interfaces face different problems that shorten their life-time. There is a need of devices able to target only small specific areas, integrate well with the tissue, reduce inflammation, and stay stable in the long term.

In this work, we present our progress in developing nanostructured flexible electrodes for minimally invasive neural interfaces. The main goal is fabricate implantable devices on flexible materials, with a small and defined stimulation area patterned by a mask. On this active zone, metallic nanopillars are grown to increase the surface area and decrease the impedance at the interface with neural tissue. Now, our strategy is based on a membrane transfer method, using AAO membrane as a template. First, we define the conductive paths and the electrode areas by metal sputtering and a mask directly on the membrane/template, which allows small and low-invasive structures. Then, we grow a thicker base layer and metallic nanowires by electrodeposition. Finally, a polyimide (PI) layer is added by membrane transfer, adapting to the topography and providing flexibility. Once the template is removed, a fully nanostructured surface is obtained. Currently, we are improving the nanostructuring process, and assembling all the fabrication steps into a complete and functional device.

Análisis dinámico de un microcircuito neuronal

Pablo Vizcaíno García
Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica (UCM)

En la actividad cortical se observan dinámicas cualitativamente diferenciadas entre sí, las cuales vienen definidas por bandas de frecuencia en la que oscila la señal neuronal (δ : 1 – 3Hz, θ : 3 – 8Hz, α : 8 – 13Hz, β : 13 – 29Hz,

and $\gamma : 30 - 100\text{Hz}$). Cada una de estas bandas (alpha y gamma son el objeto de estudio principal), viene asociada con procesos cerebrales específicos, como los atencionales. Sin embargo, la generación y evolución de estas regiones en los circuitos corticales, al igual que la propagación de estos ritmos a través de los circuitos, sigue siendo una incógnita. El objetivo de esta investigación es utilizar modelos computacionales, basados en datos de cerebros reales, para buscar dilucidar las características del microcircuito que promocionan, generan, o influyen estas dinámicas. En particular, se trabajará analizando el modelo de microcircuito de Potjans & Diesmann. Este microcircuito está diseñado por 77,000 neuronas, siguiendo modelos de leaky integrate-and-fire, cuyo comportamiento inicial se puede destilar a: $\tau_m \frac{dV}{dt} = -(u(t) - u_{rest}) + RI(t)$ La matriz de conectividad entre ellas está definida de acuerdo con datos de conectividad anatómica reales, recopilados de diferentes fuentes de la literatura. La estructura del microcircuito es laminar, y cada una de las capas cuenta con dos poblaciones neuronales, una inhibitoria y una excitatoria. Durante la presentación, exploraremos los efectos de la excitación al microcircuito, las bandas de actividad dominantes en el mismo microcircuito, y caracterizaremos el trasvase de información entre poblaciones. La densidad espectral de potencias muestra que el circuito siempre genera una frecuencia gamma estable y rápida (actividad con un pico en 80 Hz de frecuencia), y que a medida que recibe estimulación externa, ritmos más lentos van apareciendo. Además, observamos una correlación entre picos altos de actividad y periodos largos donde el circuito queda completamente inhibido, sin actividad alguna.

Arqueomagnetismo de yacimientos de la Edad de Bronce en Iberia

Martín Bengoechea Albalá

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

El arqueomagnetismo es la rama de la geofísica que se dedica a la investigación de la evolución del campo magnético terrestre del pasado a partir de restos arqueológicos. Este estudio es posible debido a la existencia de un tipo de minerales, los minerales ferromagnéticos. Estos tienen una respuesta compleja al ser sometidos a un campo magnético externo, siendo su propiedad más importante para el arqueomagnetismo la capacidad de registrar este campo magnético externo. Para que esto ocurra, los minerales han de ser calentados por encima de la conocida como temperatura de bloqueo. Es por tanto que los restos arqueológicos más interesantes para estudios de este tipo son aquellos con minerales ferromagnéticos que han sido calentados a altas temperaturas, tales como: hornos, cerámicas y hogares. Estos materiales son extraídos del campo orientados con respecto al norte geográfico, y llevados al laboratorio para su preparación. A continuación, se cortan en cubos de 2cm de lado y son sometidos a distintos experimentos de desmagnetización y remagnetización para hallar la dirección e intensidad del campo magnético en el momento del último calentamiento del material.

Fluidic Metamaterials: Molecular Dynamics Simulations of Colloidal-Structure Interactions

ZHEN LYU

Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica (UCM)

Fluidic systems, both in nature and synthetic applications, exhibit rich collective behaviors when soft, deformable elements interact within a network. While individual fluid-structure interactions in soft channels and valves have been extensively studied, the emergent dynamics of these components as part of an elastohydrodynamic network remain largely unexplored. Building on the theoretical framework of Miguel Ruiz-García & Katifori (Phys. Rev. E 103,

062301, 2021), we use particle-based methods to study the collective response of soft valves that exhibit negative differential resistance resulting from fluid-structure interactions. We know that this system can display history-dependent resistance through a collection of hysteresis loops that allows this fluidic system to show memory and store information. Moreover, theory predicts a striking collective effect that we aim to test with realistic simulations: the emergence of self-sustained oscillations in networks of soft valves under constant pressure boundary conditions. Confirming this behavior would not only advance our understanding of fluidic metamaterials but could also impact fields such as microfluidics and soft robotics, while inspiring new perspectives on biological systems, including animal and plant vasculature.

Ver lo invisible: simulando imágenes de agujeros negros

David Díaz-Guerra

Departamento de Física Teórica (UCM)

La histórica fotografía de M87* capturó por primera vez un agujero negro; pero debemos ir más allá. ¿Qué física hay detrás de la imagen? ¿Qué secretos del espacio-tiempo esconde?.

En esta presentación, iremos más allá de la imagen para explicar cómo utilizamos simulaciones numéricas para conocer más sobre la gravedad en estos sistemas. Explicaré cómo modelamos la luz en entornos de gravedad extrema y cómo se crean imágenes sintéticas para compararlas con las observaciones reales.

Veremos cómo estas simulaciones nos permiten restringir parámetros físicos, poner a prueba la Relatividad General frente a teorías alternativas y entender qué nos dice la morfología de la sombra sobre el espacio-tiempo y el plasma que lo rodea.

Búsqueda directa de materia oscura con la Global Argon Dark Matter Collaboration

Guillermo Vera Díaz

CIEMAT

La búsqueda de materia oscura constituye uno de los desafíos abiertos en la física actual. A pesar de las numerosas evidencias de origen astrofísico y cosmológico de su existencia, su naturaleza es altamente elusiva debido a su débil interacción con la materia ordinaria, lo que hace extremadamente difícil su detección directa. La Global Argon Dark Matter Collaboration (GADMC) es una colaboración que pretende la detección directa usando experimentos cuyo volumen activo está compuesto por Ar. Dentro de esta colaboración se encuentran experimentos en activo como DEAP-3600 en SNOLAB (Canadá) o el próximo Darkside-20k en LNGS (Italia). En la charla trataré mi participación en el análisis de datos del experimento DEAP-3600, centrado en la búsqueda de modelos de materia oscura alternativos al modelo de WIMPs ("Boosted Dark Matter") y discutiré los avances en la caracterización de fondo del experimento Darkside-20k mediante detectores de Ge de alta pureza.

Emergence of molecular complexity in out-of-equilibrium physical-chemical environments in the interstellar medium

Alberto Pérez-Mugá

Centro de Astrobiología (CAB), CSIC-INTA

In recent years, many molecules of prebiotic interest with increasing complexity have been discovered in space, suggesting the first transition toward complexity in the origin of life occurred in interstellar molecular clouds. However, the pathways to the emergence of such molecular complexity under the extreme conditions of these molecular clouds remain unclear. Motivated by this idea, our group introduced NetWorld in 2022, a theoretical and computational framework that models the evolution of networks toward complexity, where the basic building blocks of life are represented as simple structures, interacting to form more complex ones. NetWorld unveiled the emergence of a transition from basic networks toward complexity when a parameter representing the environment reached a critical value, being able to reproduce important properties of real molecular abundances observed in interstellar molecular clouds without including any rules based on real chemistry or external input data.

The objective of this work is to develop a new version of NetWorld to obtain a more realistic model of chemistry in the interstellar medium by introducing two key ingredients: (1) a time-dependent environmental parameter, capturing the dynamical evolution of physical conditions in molecular clouds, and (2) chemical valences, constraining the number of bonds per atom. These changes allowed us to study how network structures emerge, transform, and stabilize under changing environments, and to quantify their intrinsic properties and abundances.

Our results shed light on how rapidly evolving environments subjected to energetic physical phenomena (UV irradiation, enhanced cosmic-ray fluxes, or supersonic shocks) can drive the formation of new chemical species, promoting higher levels of molecular complexity in the interstellar medium. We compare the predictions of NetWorld with real data obtained with the recent spectral observations of molecular clouds, making emphasis on explaining the persistence of stable and large compounds such as polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)

Cosmología en modelos de gravedad invariantes bajo difeomorfismos transversos

Antonio Miguel González Bello-Morales

Departamento de Física Teórica (UCM)

La teoría de la Relatividad General, que usamos para construir nuestros modelos cosmológicos, abandona el tiempo absoluto de la física clásica para construir una teoría invariante bajo cambios de coordenadas y que es válida en cualquier sistema de referencia. Sin embargo, algunos modelos teóricos que rompen dicha invariancia han cobrado relevancia como forma de justificar el valor actual de la densidad de energía oscura. La teoría de gravedad TDiff que es fruto de mi investigación doctoral revive el concepto de tiempo absoluto o "buen reloj" y es una posible explicación a las tensiones cosmológicas y a las observaciones de la expansión acelerada del Universo que el Modelo Estándar no consigue explicar.

Contribución al momento anómalo del muon de campos masivos de espín 2 en teorías efectivas de la gravedad

Diego Voces Porteiro

Departamento de Física Teórica (UCM)

La formulación clásica de la Relatividad General de Einstein describe la interacción gravitatoria desde una perspectiva geométrica. En un esfuerzo por unificar las interacciones fundamentales, podemos describir la gravedad bajo el marco de las teorías cuánticas de campos mediante la acción de Hilbert-Einstein. Con el objetivo de extender sus precisos resultados, consideramos teorías efectivas de la Relatividad General, que introducen correcciones a escalas de energía extremas. En concreto, nos centramos en las "Higher-derivative theories", que añaden potencias del tensor y del escalar de Ricci a la acción para mejorar la renormalizabilidad de la teoría, a cambio de introducir gravitones fantasmas masivos. Para estudiar estos modelos, calculamos la contribución de los gravitones al momento anómalo del muon a un "loop" en la llamada "gravedad de Stelle". Observamos que dicho modelo mejora la convergencia de los resultados y nos devuelve Relatividad General en el límite en que los gravitones son muy masivos.

Simetrías cosmológicas: un enfoque relacional

Néstor Rivero González

Departamento de Física Teórica (UCM)

En relatividad general, la dinámica del universo no se describe como una evolución respecto a un tiempo absoluto, sino como una relación entre configuraciones físicas, debido a la invariancia bajo difeomorfismos de la teoría. Esto plantea una cuestión natural: ¿qué papel pueden jugar las simetrías en un contexto donde el propio tiempo no es un observable físico?

Una de las razones para estudiar simetrías en cosmología es que, en muchos sistemas físicos, una estructura suficientemente rica de cargas conservadas puede contener información dinámica e incluso permitir reconstruir la evolución sin resolver explícitamente las ecuaciones de movimiento. Además, las simetrías pueden proporcionar un puente entre distintas descripciones físicas: en particular, existen sistemas de muchos cuerpos cuyo régimen hidrodinámico comparte la misma estructura de simetrías que ciertos modelos cosmológicos. Esto sugiere que la dinámica cosmológica podría entenderse como un comportamiento efectivo emergente —un régimen hidrodinámico— de una teoría más fundamental.

En esta charla exploramos la idea de estudiar simetrías no en el espaciotiempo, sino en el espacio de configuraciones cosmológicas —el minisuperespacio— donde los modelos homogéneos pueden formularse como sistemas mecánicos con un número finito de grados de libertad. Desde esta perspectiva, la evolución cosmológica puede interpretarse como el movimiento de una "partícula" en un espacio curvo, lo que permite aplicar técnicas hamiltonianas para identificar cantidades conservadas asociadas a simetrías de este espacio.

Dado que la evolución temporal es gauge, implementamos un enfoque relacional en el que un campo de materia actúa como reloj físico. En este contexto, las cantidades conservadas asociadas a simetrías del minisuperespacio adquieren una interpretación como observables relacionales, independientes de cualquier elección particular de tiempo.

Transiciones de fase cosmológicas: Guía básica para un uso adecuado

Jesús Luque del Castillo

Departamento de Física Teórica (UCM)

Las transiciones de fase cosmológicas consisten en un cambio en el vacío de la teoría considerada y la correspondiente ruptura espontánea de simetría. En este contexto, son numerosos los modelos teóricos que predicen este tipo de

eventos a lo largo de la historia del Universo. De hecho, el propio Modelo Estándar de partículas predice la ruptura de la simetría electrodébil mediante el mecanismo de Higgs.

Mi estudio se centra en las transiciones de fase de primer orden. Estas se hacen especialmente interesantes ya que dan lugar a una cierta producción de ondas gravitacionales, de modo que gracias a los recientes avances en la detección de las mismas se espera poder contrastar las predicciones de este tipo de escenarios de forma observacional en los próximos años. Además, las transiciones de primer orden pueden estar asociadas a una fenomenología muy variada: producción de partículas durante la expansión y colisión de burbujas, posibles mecanismos de bariogénesis que expliquen la asimetría materia-antimateria, o modificaciones en las predicciones cosmológicas de distintos modelos teóricos. En mi caso particular, mi estudio se centra transiciones de fase de primer orden en modelos de gravedad modificada como las teorías escalar-tensor.

Estructura hadrónica tridimensional: de las PDFs a las TMDs

Daniel Díaz Fernández

Departamento de Física Teórica (UCM)

La materia visible está formada por protones y neutrones, cuya dinámica interna viene gobernada por la Cromodinámica Cuántica (QCD), la teoría que describe la interacción fuerte entre quarks y gluones (los llamados partones). La naturaleza no perturbativa de QCD a bajas energías hace necesario el empleo de teoremas de factorización que permitan separar la física de corta distancia —calculable con técnicas perturbativas— de la estructura hadrónica de larga distancia.

En este marco aparecen las distribuciones de los partones (PDFs), que describen cómo se reparte el momento longitudinal de un hadrón entre sus constituyentes elementales. Sin embargo, para obtener una imagen más completa es necesario ir más allá e incorporar la dependencia en el momento transversal. Esto conduce a las distribuciones dependientes del momento transversal (TMDs), que proporcionan acceso a la estructura 3D de los nucleones.

En nuestro trabajo usamos teorías efectivas, que nos permiten formular de manera sistemática la factorización TMD en procesos de aniquilación electrón-positrón con producción inclusiva de un hadrón (SIA). En particular, estudiamos el caso en el que el observable global es el thrust, lo que introduce una dependencia simultánea en el momento transversal y en la geometría del evento. Este análisis permite la extracción de funciones de fragmentación dependientes del momento transversal (TMDFFs) a partir de los datos experimentales de la Belle Collaboration, contribuyendo así a una determinación más precisa de la estructura hadrónica. Así mismo, estamos trabajando en extender esta metodología a procesos de dispersión electrón-nucleón, que jugarán un papel muy importante en el futuro EIC.

Trazabilidad en diagnóstico por imagen: un camino hacia imágenes médicas fiables basadas en Inteligencia Artificial (IA)

Ángela Esteban Temprano

Departamento de Física Teórica (UCM), CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA (CEM)

El diagnóstico por imagen desempeña un papel fundamental en la detección, seguimiento y tratamiento de patologías médicas, ya que la fiabilidad de las decisiones clínicas depende directamente de la exactitud y calidad de las mediciones obtenidas. La trazabilidad metrológica, entendida como la cadena ininterrumpida de comparaciones con patrones

nacionales o internacionales, es esencial para alcanzar dicha fiabilidad y garantizar que los resultados sean coherentes con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Sin embargo, la falta de uniformidad entre los patrones utilizados para la calibración de equipos médicos supone un desafío significativo para lograr mediciones comparables entre los hospitales y centros sanitarios españoles.

Este trabajo se centra en el desarrollo de un patrón metrológico dimensional para diagnóstico por imagen, denominado Fantómetro, diseñado en el Centro Español de Metrología (CEM). Este dispositivo incorpora referencias físicas que permiten la calibración y verificación de equipos de imagen, garantizando su trazabilidad al Sistema Internacional de Unidades (SI) en equipos de tomografía computarizada (TC) y ecografía.

La trazabilidad metrológica es también un requisito crítico para la aplicación de Inteligencia Artificial (IA) en diagnóstico por imagen. Los algoritmos de aprendizaje profundo requieren conjuntos de datos de alta precisión y cualquier sesgo en la adquisición de imágenes puede afectar a la generalización e interpretabilidad de los modelos. A partir de datos dimensionales caracterizados metrológicamente mediante la verificación de equipos de imagen con el Fantómetro, este trabajo tendrá como objetivo, en etapas futuras, implementar IA en aplicaciones dirigidas a reducir errores sistemáticos y validar modelos de predicción de artefactos de imagen, garantizando la calidad diagnóstica y el cumplimiento normativo.

El propósito de esta presentación es demostrar la importancia de la trazabilidad metrológica en diagnóstico por imagen y cómo esta sirve como base para la integración de algoritmos de IA en medicina, contribuyendo a diagnósticos más fiables y reproducibles.

Potencial geotérmico en la península ibérica en zonas de falla cortical

Carlos Gimenez Berenguer

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

La energía geotérmica es una fuente renovable, estable y gestionable que aprovecha el calor interno de la Tierra para producir electricidad y calor. Representa una oportunidad estratégica para la transición energética en Europa, ya que puede complementar otras renovables intermitentes como la solar y la eólica, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y de importaciones energéticas. El desarrollo de recursos geotérmicos requiere comprender la interacción entre tres elementos fundamentales: calor, fluidos y fracturas. El calor procede del interior terrestre, generado por la desintegración de elementos radiactivos y procesos tectónicos. El agua subterránea actúa como fluido transportador, infiltrándose desde la superficie, calentándose en profundidad y ascendiendo por efecto de flotabilidad. Las fracturas y fallas de la corteza permiten la circulación de estos fluidos y favorecen el intercambio térmico. La presencia y conectividad de estas estructuras es clave para la productividad de los reservorios. Uno de los principales retos es que muchos sistemas geotérmicos no presentan manifestaciones evidentes en superficie, lo que exige métodos avanzados de exploración. Para identificarlos se integran datos geológicos, geofísicos y geoquímicos a distintas escalas, desde la litosfera hasta el reservorio, combinando observaciones de campo con modelización numérica. En el caso de España, donde la exploración profunda ha sido limitada en comparación con otras regiones, el avance en geotermia pasa por el desarrollo de modelos multifísicos integrados que combinen información sísmica, gravimétrica, magnetoteléutica y datos térmicos y estructurales. La magnetoteléutica, en particular, permite caracterizar la conductividad eléctrica del subsuelo y detectar zonas con fluidos y alteración hidrotermal. La integración de estas técnicas en modelos litosféricos y corticales mejora la identificación de zonas favorables y reduce la incertidumbre en la evaluación del potencial geotérmico profundo.

Desarrollo de fuentes de iones para la futura generación de instalaciones de hadronterapia

Jone Etxebarria Erdoiza
CIEMAT

El diseño de aceleradores de partículas compactos y de alto rendimiento es fundamental para el avance de la hadronterapia. En este contexto, el CIEMAT colabora con el CERN en el desarrollo de un acelerador lineal de iones de carbono C^{6+} y en el uso de fuentes de iones de tipo Electron Beam Ion Source (EBIS) para su producción. El interés en los iones C^{6+} viene de sus ventajas terapéuticas, ya que permite minimizar el daño al tejido sano gracias al denominado pico de Bragg.

A diferencia de otras fuentes, las EBISs permiten obtener pulsos cortos y de alta pureza, requisitos críticos para los aceleradores médicos modernos. Sin embargo, su principal desafío radica en la capacidad de carga del haz de electrones que limita el número de iones que pueden producirse por pulso. Para alcanzar las tasas de repetición requeridas, la fuente debe contar con un haz de alta corriente y alta densidad de corriente.

Este trabajo se centra en el diseño de un nuevo cañón de electrones, parte fundamental de una EBIS, de banda ancha para operar dentro de un solenoide de 5 T. Mediante simulaciones numéricas, se analiza cómo la configuración del campo magnético y la posición del cátodo permiten optimizar la densidad de corriente y la estabilidad del haz.

Asimismo, como parte del proceso de desarrollo y validación, se han llevado a cabo distintos estudios y participado en campañas de medidas en las instalaciones TwinEBIS y REXEBIS (CERN). Estos trabajos han permitido contrastar los resultados de simulación con datos experimentales y evaluar la calidad del haz en configuraciones representativas. Parte de estos estudios han sido publicados y presentados en conferencias internacionales de la especialidad.

Comportamiento geométrico de los episodios de sequía meteorológica y análisis de atribuciones físicas

Lorena Galiano Sánchez
Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

La escasez de agua debido a las sequías meteorológicas es uno de los principales retos a los que se enfrenta la sociedad, más aún cuando estos fenómenos se producen en combinación con otros eventos extremos. Estudios recientes muestran cómo las sequías meteorológicas se convertirán en el principal factor que provocará fenómenos compuestos de calor y sequía, por lo que su análisis es fundamental para comprender los patrones climáticos futuros. A pesar del gran impacto de este fenómeno, algunas características de su evolución temporal futura siguen sin resolverse. Este estudio consiste en caracterizar la estructura temporal de los periodos de sequía meteorológica mediante el empleo de índices fractales. Así, se describe un método novedoso para analizar los efectos del cambio climático en los patrones de sequía meteorológica, que es más robusto que otros enfoques que utilizan periodos secos debido a sus características geométricas naturales. Principalmente se emplean dos índices muy relacionados entre sí en cuanto a propiedades geométricas de la alternancia entre rachas secas y húmedas: un índice basado en el conjunto de Cantor y el índice n .

Impactos de la vegetación urbana en la calidad del aire a microescala

Silvia Martínez Martínez

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, CIEMAT

Según la Organización Mundial de la Salud (2025), la contaminación atmosférica y el estrés térmico suponen una amenaza significativa para la salud humana. Frente a estos retos, la vegetación urbana ofrece una posible estrategia de mitigación.

Entre los efectos más relevantes de las infraestructuras verdes (IV) en zonas urbanas destacan la regulación del microclima, el efecto aerodinámico, el depósito de contaminantes y la emisión de compuestos orgánicos volátiles biogénicos. Sin embargo, todavía existe incertidumbre respecto al diseño óptimo de IV, ya que su interacción con la atmósfera es compleja. Por ejemplo, el efecto aerodinámico altera el flujo de viento al actuar como obstáculo, lo que puede reducir la ventilación en las calles y dificultar la dispersión de contaminantes, pudiendo incrementar su concentración a la altura del peatón; en cambio, el efecto de depósito retira una fracción de contaminantes mediante su depósito sobre superficies foliares. Esto evidencia la necesidad de un diseño estratégico de IV que puede ser obtenido mediante modelización urbana.

En este contexto, la tesis tiene como objetivo evaluar los impactos de IV sobre el clima local, calidad del aire y confort térmico en la ciudad de Madrid, mediante un sistema de modelización multiescalar. En este primer estudio se estima el impacto de IV en la dispersión de contaminantes en función de la morfología urbana. A través de un modelo de dinámica de fluidos computacional (CFD), se analizan varios escenarios urbanos idealizados modificando la configuración y características de la vegetación (altura de los árboles, densidad del área foliar (LAD)) bajo distintas direcciones de viento. Estos resultados indican que, para diferentes direcciones de viento y un $LAD = 0.5m^2m^{-3}$, el efecto aerodinámico predomina sobre el de depósito, especialmente en escenarios con árboles altos. Solo los escenarios con mayores tasas de depósito presentan concentraciones de contaminantes comparables o inferiores al caso sin vegetación.

Assessment of temperature variability over the Central System of the Iberian Peninsula: Multi-resolution model evaluation

Sara Madera Sánchez

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT). División de energías renovables.

Mountain regions are particularly vulnerable to climate change, as warming reduces snow and ice reserves, thus amplifying positive temperature feedbacks. These processes also have consequences for the hydrological cycle and, therefore, having wide-ranging impacts on society by altering ecosystem services and products. This highlights the importance of understanding how climate change affects mountain areas. However, the limited availability of long-term climate records at high elevations, due to adverse weather conditions, makes high-resolution regional climate models essential for studying complex terrain.

The CIMAs (Climate Research Initiative for Iberian Mountain Areas) project is focused on analyzing climate variability and the impact of climate change on the Central System of the Iberian Peninsula. The studied area is the largest mountain range of the peninsula, reaching 2.592 m at its highest point (Almanzor Peak) and includes surrounding areas with lower altitudes.

CIMAS data is gathered from several institutions in Portugal and Spain and distributes over the domain of interest. It was used to assess the accuracy of two regional climate models: the WRF and the HCLIM models at 4 and 1 km horizontal resolution. Both were configured as convection permitting to allow for explicitly simulating convection. In addition, both models were driven by the same boundary conditions provided by the ERA5 reanalysis, which was also used to evaluate the added value of increased resolution by each regional model.

Results show how increasing resolution improves the simulation of temperature at high elevations and allow for better understanding of the climatology of temperature in this mountain range. The comparison of the WRF and HCLIM simulations with observations highlights differences, mostly in the reproduction of extremes.

Temperature trends and uncertainties over peninsular Spain and the Balearic Islands

Juan Luis Garrido Irigoyen

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)

Six gridded datasets of mean, minimum and maximum temperatures and one dataset of 22 individual sites distributed over mainland Spain and the Balearic Islands are compared. The gridded datasets vary in spatial resolution, temporal coverage and interpolation procedures as well as in the number of individual predictor sites used to create them. The site resolved dataset includes the 22 longest data records over Spain, dating back until the mid-19th century and thus complementing the temporal analysis of this study. The availability of datasets with different levels of predictor data, methodologies and final characteristics allows for an assessment of the observational uncertainties in temperature climatologies and trends at the local/regional scales. The structure of the spatial patterns for the climatologies of the mean, minimum and maximum temperatures is quite consistent across datasets, with the coldest temperatures over areas of the Pyrenees and mountain ranges in winter and the hottest ones over the Guadalquivir Valley in summer. However, notable differences are observed at a regional scale, particularly over the highest elevation regions where average discrepancies greater than 3 °C are found. Mean temperatures increase since 1970s between 1.5-2 °C, and uncertainties range from 0.2 to 0.5 °C across datasets. The spatial distribution of trends shows that warming is widespread but there are notable differences in magnitude, spatial distribution and even sign of the trends depending on the database considered. A Principal Component Analysis is used to filter out signals that account for low amounts of regional variance and focus on those responsible for the long term responses. The first principal component reproduces the trends in each dataset and season, and is consistent with the forced response to external forcing found at global and hemispherical scales. The results can be relevant for model evaluation and detection and attribution studies over this region.

Time-optimal control and delta-kick cooling for effective self-similar expansion of Bose gases

Luyuting Wei

Departamento de Física de Materiales (UCM)

The effective scaling approach, which produces an auxiliary equation for the scaling parameter interpolating between the non-interacting and Thomas-Fermi limits, enables the design of shortcuts to adiabatic expansion for trapped Bose gases with arbitrary interaction strengths. In this work, we adopt Pontryagin's maximum principle to determine the time-optimal bang-bang control protocol for such effective self-similar dynamics. Furthermore, the connection with sudden trap-frequency quenches and Delta-kick cooling that have been used to other class of shortcuts to adiabaticity is also discussed. When applied to quantum refrigerator cycles, our approach sets exponential bounds on cooling rates in the pursuit of absolute zero, accounting for the effects of atomic interactions.

Materiales absorbentes de microondas

Susana Aberturas López

Instituto de Magnetismo Aplicado (IMA) y empresa MICROMAG 200SL

Esta tesis doctoral se centra en el desarrollo de materiales absorbentes de microondas orientados a reducir interferencias electromagnéticas y especialmente a disminuir la Radar Cross Section (RCS) de plataformas, como barcos o aviones, en el ámbito de la defensa. Para el desarrollo de estos materiales se combinan fundamentos teóricos electromagnéticos, modelos numéricos o simulaciones, y validación experimental. El trabajo parte de una base teórica sólida en electromagnetismo clásico, incluyendo las ecuaciones de Maxwell, propagación de ondas electromagnéticas, fenómenos de reflexión y transmisión. Se estudian los mecanismos de absorción e interferencia destructiva y el comportamiento de transmisión y reflectividad en estructuras multicapa, junto con teoría de mezclas para el control efectivo de la permitividad y la permeabilidad en sistemas compuestos. Se desarrollan herramientas de cálculo en Matlab que permiten simular la respuesta electromagnética de recubrimientos multicapa, evaluando la influencia del espesor, la composición y el número de capas en la posición y magnitud del pico de atenuación dentro del rango de frecuencias de trabajo. El estudio se realiza en el intervalo de 2 a 18 GHz, coincidiendo con el rango en el que se llevan a cabo las medidas experimentales. El desarrollo y fabricación de los materiales se basa, a nivel general, en una matriz dieléctrica cuya respuesta electromagnética se modifica mediante la incorporación de aditivos activos que alteran la permitividad y/o la permeabilidad efectiva del sistema, generando así el comportamiento absorbente. En particular, se emplean siliconas y pinturas cargadas con diferentes tipos de aditivos en forma de fibras o nanopartículas, variando su concentración, longitud y configuración multicapa para ajustar la respuesta electromagnética. Las muestras se caracterizan mediante medidas en guía de onda y ensayos de reflectividad en condiciones de campo lejano, realizados en las instalaciones de Micromag en configuraciones equivalentes a cámara anecoica.

Programa de Doctorado en Astrofísica

System-Level Performance of LST Cameras for the CTA Observatory

Carlos Díaz Ginzo

CIEMAT

The cameras of the Large Sized Telescopes (LST) within the Cherenkov Telescope Array (CTA) project must satisfy a wide range of demanding requirements in order to meet the scientific objectives of the observatory. The optics, sensors, and data acquisition electronics constitute the core of the camera, whose proper operation depends on its integration with multiple auxiliary subsystems.

This presentation introduces the work developed within my PhD thesis on the influence of these subsystems on the precision, stability, and reliability of the measurements obtained by the cameras. The main engineering challenges associated with the design, assembly and integration phases, as well as operation under different environmental conditions, will be described. In addition, the impact of maintenance and operational robustness on the overall system performance and on the scientific availability of the cameras will be addressed.

The aim is to provide an overview of how engineering directly influences the operation of modern gamma-ray telescopes, highlighting the importance of a multidisciplinary design approach in large scientific instruments.

Estudio de fuentes galácticas extensas y análisis basado en tipos de eventos con MAGIC+LST-1

Silvia García Soto

CIEMAT

Los microcuásares son fuentes galácticas recientemente descubiertas que emiten radiación gamma a energías ultra altas (UHE), lo que los convierte en candidatos a PeVatrones. Las observaciones conjuntas de los telescopios MAGIC+LST-1 tienen la capacidad de detectar emisión a energías TeV de estas fuentes y resolver su morfología. Un análisis basado en tipos de evento para los telescopios Cherenkov, en el que se producen IRFs para particiones de eventos con diferentes calidades, tiene el potencial de mejorar la sensibilidad de los telescopios, como ya se ha demostrado para Fermi-LAT. En este trabajo se presenta el estudio en curso de uno de los microcuásares detectados por LHAASO en 2024 realizado con MAGIC y LST, así como la metodología propuesta para implementar el análisis basado en tipos de evento en la cadena de procesamiento de LST-1.

Studying satellite galaxies for the ARRAKIHS mission

Juba Barrios Ortiz

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

Dwarf galaxies are key laboratories for understanding galaxy formation and the nature of dark matter. In particular, the apparent mismatch between the predicted abundance of dark matter subhalos and the observed number of satellite galaxies remains an open challenge in cosmology. The upcoming ARRAKIHS mission, an ESA F-class survey designed to explore the ultra-low-surface-brightness universe, will provide an unprecedented view of faint stellar structures around Milky Way-like galaxies.

This thesis presents a methodology to detect and characterize dwarf satellites in ARRAKIHS-like data. Using realistic simulated images that reproduce the mission's instrumental properties, we generate controlled datasets where synthetic dwarf galaxies are injected into cosmological backgrounds. Photometric catalogs are produced with Gnuastro by segmenting the images into candidate sources. From these detections, morphological and photometric features are extracted and used to train machine-learning classifiers capable of distinguishing genuine dwarfs from background contaminants. This automated approach aims to maximize dwarf galaxy recovery in low-density environments.

El destino de las galaxias satélites: estudio de variaciones estructurales y orbitales en el contexto de ARRAKIHS

Asier Lambarri Martinez

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

En esta ponencia se presentara el topico de la tesis acompañada de una introduccion al campo de estudio. Se describira el caso científico y la relevancia de la tesis dentro del campo. Por ultimo se presentara brevemente el trabajo realizado hasta ahora.

Estudio de cúmulos de galaxias en el programa FornaX: Heritage de XMM-Newton (2024-2034)

Virginia Carcelén Aycart

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

El programa FornaX es un proyecto Heritage de XMM-Newton (2024-2034) que cubre 10 deg^2 del Euclid Fornax Deep Field (X-EDFF) con una profundidad media de 40 ks, complementando las observaciones de Euclid para avanzar en el estudio de AGN y cúmulos de galaxias hasta $z 1.5$. Sus objetivos principales incluyen procesar datos XMM, coordinar análisis científicos y publicar catálogos validados de fuentes puntuales y extendidas, identificadas en múltiples longitudes de onda. Registrado como proyecto estándar de Euclid, FornaX está abierto a miembros del consorcio Euclid y colaboradores externos, con grupos de trabajo (WGs) como procesamiento X-ray, cúmulos de galaxias (incluyendo catálogos), AGN y redshifts.

En el WG de Galaxy Clusters, se realiza modelado teórico y análisis de cúmulos detectados en datos XMM existentes del campo central (1 deg^2), explorando relaciones de escalado X-ray-óptico y su selección en Euclid. Se utilizan catálogos preliminares y mapas de exposición acumulativa (observaciones iniciadas en agosto 2024, hasta febrero 2027) para caracterizar propiedades como luminosidad, temperatura y masas, evaluando el impacto del feedback AGN y formación estelar.

Los resultados contribuyen a calibrar la función de selección de cúmulos para la Euclid Wide Survey, mejorando la caracterización de rare clusters en diversos entornos.

MEGA: Micro-Encyclopaedia Galactica. Una base de datos para la caracterización del vecindario solar

Adrián Aranda Oliva

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

El estudio detallado del vecindario solar es fundamental para múltiples áreas de la astrofísica, desde la cinemática galáctica hasta la caracterización de sistemas planetarios. MEGA (micro-Encyclopaedia Galactica) es un proyecto de tesis doctoral dedicado a la creación de una base de datos exhaustiva que integra toda la información disponible sobre el vecindario solar, concretamente sobre los objetos situados en un radio de 10 pc del Sol, con planes de expansión futura hasta los 20 pc.

El objetivo de MEGA es consolidar en un único punto de acceso una cantidad masiva de datos heterogéneos que actualmente se encuentran dispersos en numerosos archivos y catálogos. La base de datos incluye diversos tipos de estrellas (AFGKM), enanas blancas, enanas marrones y exoplanetas, recopilando información de misiones y catálogos de referencia como Gaia, Hipparcos, 2MASS, WISE, GALEX, SDSS, Euclid y SPHEREx. Además, integra curvas de luz (TESS, Kepler, Plato), espectroscopía de alta resolución (HARPS, CARMENES, ESPRESSO, JWST), datos de rayos X (XMM-Newton, Chandra) e información sobre multiplicidad e imagen de alta resolución.

Más allá de la recopilación, el proyecto busca identificar y completar huecos en el conocimiento actual de estos 500 sistemas cercanos. MEGA está diseñado para servir como el catálogo de referencia fundamental para futuras misiones críticas de búsqueda de vida y caracterización de exoplanetas, tales como el HWO (Habitable Worlds Observatory) y LIFE (Large Interferometer for Exoplanets).

The ionizing radiation environment and shielding in pit craters and cave skylights on Mars

Alejandro Villar Millán

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

La superficie de Marte es un lugar inhóspito, con un entorno de radiación agresivo, tanto ultravioleta (UV) como ionizante, importantes oscilaciones térmicas, tormentas de polvo y presencia de percloratos lo que motiva la búsqueda de entornos que puedan ofrecer mejores condiciones desde la perspectiva de la astrobiología. Los cráteres de pozo reúnen una serie de condiciones que los hacen de especial relevancia. Estudios previos muestran que las tasas de dosis inducidas por radiación UV se reducen drásticamente en comparación con la superficie, sin limitar por completo el acceso a la luz solar, lo que permitiría la existencia de una fuente de energía abundante para hipotéticas formas de vida. Además, se cree que estos cráteres podrían ofrecer protección frente a las inclemencias climatológicas, ofreciendo condiciones menos agresivas y más estables. Los cráteres de pozo son, por tanto, lugares de interés para la búsqueda de vida autóctona. Además, también podrían ser candidatos para albergar futuras misiones tripuladas. No obstante, a día de hoy, no se han caracterizado en profundidad. En el primer artículo enmarcado dentro de la tesis, exploramos y caracterizamos el entorno de radiación ionizante dentro de estos cráteres usando el software de transporte de radiación HZETRN 2020 de NASA. Para ello, se valida el modelo frente a las mediciones realizadas por el instrumento RAD de la misión Curiosity, y a continuación se extiende la modelización a los cráteres, explorando su capacidad de ofrecer protección frente a la radiación. Los resultados obtenidos muestran que los cráteres de este tipo permiten atenuaciones de hasta un 80% en las tasas de dosis con respecto a la superficie, en línea con los resultados obtenidos anteriormente para radiación UV.

Detección de sistemas exoplanetarios alrededor de enanas M: Mitigando el ruido estelar

Javier Banegas Paredes

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

El estudio de exoplanetas en torno a estrellas enanas M constituye una línea prioritaria para la detección y caracterización de planetas potencialmente habitables. Aunque en las últimas décadas se han descubierto miles de exoplanetas, solo una fracción reducida se sitúa en la zona habitable de su estrella. Las enanas M, que representan aproximadamente el 80% de la población estelar de la galaxia, son objetivos especialmente favorables para la detección de planetas ya que su pequeño radio y baja luminosidad aumentan la amplitud relativa de las señales planetarias. Sin embargo, su intensa actividad magnética —manchas estelares, fulguraciones y rotación diferencial— introduce señales cuasi-periódicas que pueden confundirse con señales planetarias, generando falsos positivos o sesgos en la estimación de parámetros orbitales. En el marco del consorcio CARMENES, se analizan observaciones espectroscópicas de alta resolución obtenidas en el Observatorio de Calar Alto, complementadas con datos fotométricos de precisión. La metodología combina el método de velocidad radial, que mide la perturbación gravitatoria inducida por el planeta sobre la estrella, con el método de tránsito, que detecta la atenuación periódica del flujo estelar cuando el planeta cruza el disco estelar. Este análisis se ha realizado de manera conjunta para dos estrellas, combinando ambas técnicas para maximizar la precisión en la determinación de los parámetros planetarios. Se aplicaron modelos estadísticos basados en inferencia bayesiana y procesos gaussianos para caracterizar y separar la actividad estelar de las señales inducidas por posibles planetas. En ambos objetos, se identificaron señales candidatas a planetas que no presentan contrapartida en los indicadores de actividad, sugiriendo un origen planetario. Gracias al enfoque conjunto y al modelado cuidadoso de la actividad, se pudieron determinar de manera precisa los parámetros orbitales de estos candidatos. Estos resultados constituyen un paso importante en la detección y caracterización de planetas potencialmente habitables alrededor de enanas M.

Georreferenciación automática de imágenes nocturnas de la ISS mediante simulación y visión por computador

Raúl Pérez Parras

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

Las imágenes nocturnas de la Tierra tomadas desde la Estación Espacial Internacional (ISS) constituyen una fuente única para el estudio de la contaminación lumínica y la dinámica de las ciudades. Sin embargo, la mayoría de estas imágenes carecen de información geográfica precisa, lo que dificulta su explotación científica sistemática.

En esta tesis se desarrolla una pipeline automatizada para la georreferenciación de timelapses nocturnos de la ISS combinando modelado físico, visión por computador y técnicas de ajuste geométrico. El método integra: (1) simulaciones en Blender de la geometría Tierra–ISS usando TLEs orbitales; (2) estimación de la orientación de cámara mediante comparación entre imágenes reales y sintéticas; (3) extracción y filtrado de puntos de control a través de modelos de image matching; (4) ajuste geométrico mediante transformaciones Thin Plate Spline; y (5) refinamiento final usando flujo óptico denso entre imágenes ISS ya georreferenciadas y datos satelitales VIIRS.

El método desarrollado permite procesar secuencias de cientos de imágenes de forma automatizada y reproducible. Los resultados preliminares muestran que la georreferenciación se mantiene estable a lo largo de secuencias completas, reduciendo deformaciones locales y preservando la coherencia espacial entre fotogramas consecutivos.

El objetivo final es generar mapas nocturnos georreferenciados de alta precisión a partir de imágenes ISS históricas, facilitando estudios de evolución temporal de la iluminación artificial y su impacto ambiental.

A new population of low-mass stars in the Taurus-Auriga region unveiled from the GALEX and Gaia surveys

Fernando Barnes Sanchez

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

In previous work, a set of 63 potential T Tauri candidates were identified using UV-IR color-color diagram and kinematical analysis with GAIA survey reduced the sample to 13 bona fide candidates associated with Taurus-Auriga star-forming region. Five of them were found to be actual TTSs. The remaining 5 sources have been observed with the FIES instrument in the Nordical Optical Telescope (NOT) to discriminate their nature. In this work, we present the data from these five stars and the analysis of their permitted and forbidden optical emission lines. These spectral diagnostics provide insight into the nature and physical conditions of distinct components of the star, including the atmosphere and the presence of extended gas envelopes and jets. For this purpose, we compute equivalent widths, full width at half maximum and velocity-corrected profiles of the most prominent lines for each target. We then, classify them based in chromospheric emission signatures that could arise from dynamo activity and also by accretion activity. These features are supported with the presence of the youth tracer Li I 6708 to provide young stellar object identification. We then classify targets in accreting or non-accreting stars using equivalent width of the H_{α} line. Applying this methodology, we obtain the following results: Three of the sources, one of them a binary, to be pre-main sequence stars. The binary components are classified as high accreting stars (CTTs), and the remaining as weak-line T Tauri stars. The three remaining sources of the subset are identified as late-type main-sequence stars.

Exploring the red side of cool exoplanet-host stars

Sergio Turrado Prieto

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

M dwarfs are the coldest, least massive stars that can still undergo hydrogen core-burning, and are the most abundant stars in the Universe ($\approx 75\%$ of all stars). It has been estimated that 15% of M dwarfs have terrestrial type exoplanets in their habitable zone. Furthermore, their low masses and radii make them ideal targets for exoplanet detection and characterization. Like all stars, they share primordial elemental abundances with their exoplanets, inherited from their parent molecular cloud. This makes accurate stellar abundance measurements a key tool to understand the star-planet connection. However, M dwarfs have gaseous molecules in their atmospheres. This makes traditional spectroscopic methods for abundance determination very challenging to use. The goal of my thesis is to develop and validate a suitable method to determine the chemical abundances of early-type M dwarfs by performing spectral synthesis with the iSpec software on high resolution NIR spectra ($0.97\text{-}1.81\ \mu\text{m}$) from NIRPS (R_i75000). In this talk, I will present the challenges of spectral synthesis and working with M dwarf spectra, as well as the strategies we are implementing to validate the method. If successfully developed, a reliable method for M dwarf abundance determination would help to better understand these stars, to constrain the internal composition of their planets, to study the correlation between abundances and exoplanet type, and to chemically characterize the stellar populations in the Milky Way.

A Massive Star Census in the Magellanic Clouds

Juan Antonio Molina Calzada

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

Massive stars are the brightest and bluest stars in the sky but, despite their high luminosity, they are intrinsically rare objects. Several aspects of their nature are still not fully understood. With their short lifetimes and formation in regions of intense star formation, they serve as excellent tracers of environmental structure, and they are the progenitors of some of the most violent phenomena in the Universe, including supernovae and black holes.

The goal of this work is to produce the most complete catalog to date of massive stars in the Magellanic Clouds (MCs), the closest satellite galaxies to the Milky Way. This region is ideal for such a study thanks to its low extinction and high star-formation activity. Moreover, this catalog will form the fourth release of the Alma Luminous Star (ALS) catalog, whose previous parts cover the Milky Way. To achieve this, we will use photometric data from several surveys such as Gaia and VISTA. By complementing these data with information gathered from the literature, we aim to go beyond current massive star catalogs in the MCs, which are typically limited to a single survey and tend to omit heavily extinguished massive stars, which are more difficult to identify.

A comprehensive catalog of massive stars in the MCs will provide a valuable database for the astronomical community, enabling studies ranging from the kinematics and dynamics of the Clouds to studies of peculiar objects (runaway stars or Wolf-Rayet stars), black holes, gravitational waves, and the derivation of a new Initial Mass Function (IMF) for massive stars, among many other applications.

Study the relation between Paschen-alpha to H-alpha emission and its connection to cluster properties with JWST and HST

Hamed Zare

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

I study the early evolution of star-forming regions and stellar clusters in the nearby galaxy NGC 1672 using JWST Paschen-alpha imaging combined with HST, PHANGS-MUSE, and cluster catalogs. I constructed a homogeneous Pa - alpha source catalog and matched each region to nebular H α emission and young stellar clusters. Using physically calibrated PHANGS Hydrogen - alpha fluxes, I derived reliable Pa - alpha/H - alpha ratios to measure nebular extinction and study how dust attenuation varies with region structure and environment. I also quantified the morphology of ionized gas using concentration indices and examined the evolution of Pa - alpha equivalent width with cluster age. The results show that Pa α provides a clean tracer of embedded star formation and reveals systematic differences between gas, stars, and environments in the earliest phases of cluster evolution

Attenuation Curves: Looking at Early Galaxies Through a Dusty Window

Ana Varo O'Ferrall

Centro de Astrobiología (CAB), CSIC-INTA

Dust represents only a small fraction of the total components of galaxies, yet it has a strong impact on how we observe them. One effect is the attenuation of the light produced by the stars and gas. Over the past decades, attenuation curves have been developed to characterize this phenomenon and to prevent it from biasing the properties derived from galaxy observations. They also provide information about the dust itself, making them a key tool for understanding its nature. However, while attenuation curves have been well studied in the Milky Way and nearby galaxies, they remain poorly constrained in more distant systems. Thanks to the James Webb Space Telescope, we can now study attenuation in the first generations of galaxies and begin to uncover how dust behaved in the early universe.

