

**Facultad de Ciencias Físicas**



# **Jornadas de Doctorandos**

**Programas de Física y Astrofísica**

**SESIÓN DE INVIERNO 2025  
2 - 4 DICIEMBRE  
Aula M2**

**LIBRO DE RESÚMENES**

## Programa de Ponencias

### Martes 02 diciembre 2025

09:30-10:30 Vicedecano de investigación: Información sobre procedimientos y plazos

10:30-10:45 Alexander Cerviño

10:45-11:00 Miriam Caballero Rodríguez

#### 11:00-11:20 Descanso

11:20-11:35 Pablo González-Tarrío Vicente

11:35-11:50 Gabriel García De Lorenzo

11:50-12:05 Daniel Movilla Quintero

12:05-12:20 Cayetano Soneira Landín

12:20-12:35 David Calonge González

12:35-12:50 José Llanes Gamonoso

#### 12:50-13:10 Descanso

13:10-13:25 Adriana Palos Pereira

13:25-13:40 Juan Carbone Díaz

13:40-13:55 Lucía Sanz Pinilla

13:55-14:10 María Regina Ortiz Martin

14:10-14:25 Weiji Hu

### Miércoles 03 diciembre 2025

09:30-09:45 Leonor Arriscado

09:45-10:00 Lucía Fullana García

10:00-10:15 Sergio García Moreno

10:15-10:30 Guillermo Valé Arteaga

10:30-10:45 María Chillarón Víctor

10:45-11:00 Aitana Tasa Chaveli

#### 11:00-11:20 Descanso

11:20-11:35 María Romero Toribio

11:35-11:50 Ariana Varela Mendez

11:50-12:05 Manuel Báez de Pablo

12:05-12:20 Alfredo González Calvin

12:20-12:35 Diego Tessainer Bonet

12:35-12:50 Pablo Navarro Moreno

#### 12:50-13:10 Descanso

13:10-13:25 Borja García Ruiz

13:25-13:40 Jesús Gabriel Madrid Negrín

13:40-13:55 Miguel Rubio Carrizo

13:55-14:10 Andrés Felipe Bermúdez Mendoza

14:10-14:25 Alejandro Martín Merodio

### Jueves 04 diciembre 2025

09:30-09:45 Aarón Calvo Villoslada

09:45-10:00 Juan Carlos Chicharro Sestines

10:00-10:15 Javier Rodríguez Calvete

10:15-10:30 Juan José Álvarez Serrano

10:30-10:45 Rafael Benítez Fernández

10:45-11:00 Sergio Díaz de Luz

#### 11:00-09:50 Descanso

11:20-11:35 Pablo Cabrales Miró-Granada

11:35-11:50 Javier García Muñoz

11:50-12:05 Robert Paneque Yunta

12:05-12:20 Sara Gaitán Domínguez

12:20-12:35 Carlos Galindo Morata

12:35-12:50 Clara Golhen Mateo

# Programa de Doctorado en Física

## Inteligencia Artificial para la reconstrucción de eventos y análisis automático de datos en telescopios Cherenkov, con aplicaciones a la búsqueda indirecta de materia oscura.

**Alexander Cerviño**

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

La astrofísica de altas energías estudia los fenómenos más extremos del Universo, como supernovas, púlsares o agujeros negros, mediante la detección de radiación gamma. Estos procesos revelan la naturaleza y aceleración de partículas cósmicas, pero su observación requiere instrumentos muy sensibles, como los Telescopios de Cherenkov de Imágenes Atmosféricas (IACTs), que detectan la luz Cherenkov producida por las lluvias de partículas en la atmósfera. Mi investigación técnica se centra en dos líneas principales. La primera aborda la aplicación de Inteligencia Artificial (IA) a los IACTs para mejorar la reconstrucción de sucesos, es decir, la estimación de la dirección, energía y tipo de las partículas primarias detectadas. Las técnicas de Deep Learning ofrecen un gran potencial en esta tarea. En este contexto, nuestro grupo ha desarrollado CTLearn, un paquete en Python que emplea redes neuronales convolucionales (CNN) para la reconstrucción de sucesos. Su objetivo es superar los métodos clásicos basados en bosques aleatorios (Random Forests), mejorando la resolución y la sensibilidad. Como miembro del equipo, participo en el desarrollo y validación de CTLearn, aplicándolo a datos del Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO) y, recientemente, a observaciones reales del primer telescopio LST-1. Respecto a este proyecto, mi trabajo se centra en el análisis de técnicas como la transferencia de conocimiento o los experimentos de atención para mejorar la reconstrucción de los sucesos. Asimismo, contribuyo al sistema de análisis (On-Site Analysis) del LST-1, una infraestructura automática que procesa los datos del telescopio en el clúster del LST en La Palma, generando productos de alto nivel tras cada noche de observación. La segunda línea de mi investigación se centra en la búsqueda de materia oscura mediante detección indirecta mediante los datos sobre rayos gamma, realizando un análisis en el paradigma de las WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles).

---

## Espectroscopia Raman como herramienta avanzada para la caracterización rápida de esmaltes vitrocerámicos funcionales

**Jesús Gabriel Madrid Negrín**

Instituto de Cerámica y Vidrio (ICV-CSIC)

La evaluación de esmaltes vitrocerámicos requiere técnicas capaces de correlacionar su microestructura con propiedades ópticas y mecánicas, como el brillo, la blancura o la dureza. Tradicionalmente, este tipo de análisis implican métodos destructivos, poco compatibles con procesos industriales. En este contexto, la espectroscopia Raman emerge como una técnica rápida, no destructiva y de alta sensibilidad estructural, ideal para la caracterización multipropósito de materiales complejos como los esmaltes vitrocerámicos. En este trabajo se explora el uso de la espectroscopia Raman como herramienta no destructiva para la caracterización estructural y funcional de esmaltes vitrocerámicos con diferente grado de cristalización. Se formularon composiciones basadas en una frita comercial, modificadas mediante la adición controlada de nefelina para inducir variaciones en la proporción de fase cristalina en el esmalte. El análisis combinado mediante difracción de rayos X, ensayos mecánicos, y medidas de brillo y blancura permitió establecer correlaciones directas entre la fracción cristalina y el comportamiento espectroscópico Raman. En particular, se observaron cambios sistemáticos en las bandas de vibración del silicato y en la intensidad de la fluorescencia, lo que permitió distinguir de forma fiable las muestras con diferente contenido en fases cristalinas. Los resultados confirman que la espectroscopia Raman puede emplearse no solo para la identificación estructural, sino también como indicador indirecto de propiedades tecnológicas, posicionándose como una herramienta prometedora para el control de calidad in situ en la industria cerámica. Este enfoque abre la posibilidad de un seguimiento más sostenible, rápido y automatizable de los procesos de esmaltado y cristalización.

## Desarrollo de nuevas fritas de vidrio para fusión mediante sistemas sostenibles de electrificación

**Miguel Rubio Carrizo**

Departamento de Física de Materiales (UCM)

La descarbonización de la industria cerámica constituye uno de los grandes retos de la Unión Europea para alcanzar la neutralidad climática en el año 2050. Así, se hace necesario el impulso de tecnologías innovadoras de fusión de fritas de vidrio que permitan la transformación de los hornos de gas convencionales, pues generan gran cantidad de gases de efecto invernadero, a hornos que empleen fuentes de energía libres de emisiones como es la electricidad. Dada la multitud de aplicaciones que poseen las fritas de vidrio (esmaltes azulejos, vidriados para metales, unión vidrio-metal en colectores solares), las temperaturas de fusión son muy variadas. En este trabajo se han seleccionado dos fritas de vidrio de diferentes temperaturas de fusión y se han modificado para que puedan ser fundidas por tecnologías de eléctricas (electrodos e inducción). Las modificaciones composicionales han sido por variación de  $B_2O_3$ ,  $ZnO$  y  $ZrO_2$ . Todas las fritas se han caracterizado estructuralmente mediante diferentes técnicas como espectroscopías Raman, FTIR, UV-vis, RMN- $^{29}Si$  y también se han caracterizado térmicamente mediante ATD y HSM. De esta forma se han caracterizado los grupos estructurales  $Q_n$  ( $n=0, 1, 2, 3$  y  $4$ ) y su variación con la composición química de las fritas, así como su comportamiento a elevadas temperaturas (viscosidad, cristalización) y, sobre todo el ataque a los refractarios de los hornos en los que se realiza la fusión. Para ello se han realizado ensayos de corrosión estática y dinámica y se ha tratado de determinar la influencia de los grupos estructurales existentes en las fritas en la corrosión de los refractarios.

## ESTUDIO DE SEMICONDUCTORES DE GAP ANCHO MEDIANTE LA TEORÍA DEL FUNCIONAL DE LA DENSIDAD PARA APLICACIONES OPTOELECTRÓNICAS

**Andrés Felipe Bermúdez Mendoza**

Departamento de Física de Materiales (UCM)

Los semiconductores de gap ancho son materiales capaces de trabajar donde el silicio "clásico" deja de funcionar: luz ultravioleta, altas temperaturas y campos eléctricos extremos. Para aprovecharlos necesitamos saber qué hacen sus electrones, algo que no siempre es fácil de medir en el laboratorio. En este trabajo uso la teoría del funcional de la densidad (DFT) la cuál permite predecir, átomo a átomo, cómo se comportan estos materiales y cómo cambia su respuesta cuando los dopamos o combinamos entre sí.

Me centro en óxidos representativos:  $NiO$  pristine, su versión dopada con magnesio ( $NiO:Mg$ ) y  $\beta-Ga_2O_3$ . Con DFT calculo la estructura electrónica, la absorción de luz y la facilidad con la que se mueven los portadores de carga, y relaciono estos resultados con posibles aplicaciones optoelectrónicas. En  $NiO$  y  $NiO:Mg$  exploro cómo el dopaje abre la puerta a capas transparentes de tipo p, mientras que en  $\beta-Ga_2O_3$  aparecen buenas propiedades de tipo n y sensibilidad en el ultravioleta profundo.

Finalmente, estudio de forma teórica una heteroestructura formada por  $NiO$  y  $\beta-Ga_2O_3$ . DFT permite estimar cómo se alinean sus bandas de energía y prever qué tan eficiente sería esta unión como fotodiodo o sensor UV. La idea general es mostrar cómo los cálculos de primeros principios se han convertido en una herramienta clave para diseñar, de manera guiada, nuevos dispositivos optoelectrónicos basados en óxidos de gap ancho.

## Planar freestanding LSMO twisted junctions

**Alejandro Martín Merodio**

Departamento de Física de Materiales (UCM)

The recent realization of membranes of transition metal oxides [1] has enabled their mechanical assembly in twisted bilayers [2,3] opening avenues towards oxide twistrionics. The ferroic orders hosted by transition metal oxides, many of which are stable at room temperature, offer exciting opportunities for the search of chiral ferroic properties in twisted oxide membranes. In this work we present the growth, fabrication and characterization of twisted stacks made of  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  (LSMO), a half-metallic ferromagnetic perovskite with highly tunable properties. We have studied the temperature dependent magnetotransport across the interface of two twisted LSMO membranes for different twisting angles. These samples exhibit up to 32References [1] Lu, D. et al. Synthesis of freestanding single-crystal perovskite films and heterostructures by etching of sacrificial water-soluble layers. *Nat. Mater.* 15, 1255–1260 (2016). [2] Li, Y. et al. Stacking and Twisting of Freestanding Complex Oxide Thin Films. *Adv. Mater.* 34, 2203187 (2022). [3] Sánchez-Santolino, G. et al. A 2D ferroelectric vortex pattern in twisted  $\text{BaTiO}_3$  freestanding layers. *Nature* 626, 529–534 (2024).

---

## Síntesis y caracterización de niobatos de titanio para aplicaciones fotocatalíticas avanzadas

**Aarón Calvo Villoslada**

Departamento de Física de Materiales (UCM)

Basándose en estudios previos realizados con óxidos de niobio, se sabe que estos materiales presentan propiedades fotocatalíticas destacadas debido a su capacidad para generar defectos estructurales que favorecen la separación de cargas. En este trabajo se analiza un sistema estrechamente relacionado: los niobatos de titanio (TNOs). Este material ofrece la ventaja de formar defectos de manera controlada mediante la generación de planos de cizalladura cristalográfica, un mecanismo relativamente sencillo que modifica la estructura del sólido.

La presencia de estos defectos estructurales no solo influye en el comportamiento electrónico del material, sino que también puede mejorar significativamente tanto su ciclabilidad, un aspecto clave en aplicaciones electroquímicas, como su eficiencia fotocatalítica. El estudio evalúa cómo la introducción de defectos, el tamaño de partícula o la estructura cristalina afectan a las propiedades finales del material, aportando información relevante para el diseño de fotocatalizadores basados en TNOs con un rendimiento optimizado.

---

## Elastómeros Autorreparables para Aplicaciones en Robótica Blanda

**Juan Carlos Chicharro Sestines**

Departamento de Física de Materiales (UCM)

El uso generalizado del caucho en diversas industrias, desde la automotriz hasta la de bienes de consumo de uso diario, ha suscitado importantes preocupaciones medioambientales. Los materiales de caucho convencionales suelen derivarse de fuentes no renovables basadas en el petróleo y se vulcanizan mediante procesos químicos irreversibles, lo que dificulta su reciclaje o degradación. Como resultado, los productos de caucho al final de su vida útil suelen acumularse en vertederos o incinerarse, lo que contribuye a la contaminación y a las emisiones de gases de efecto invernadero. Este trabajo explora un enfoque novedoso para desarrollar elastómeros sostenibles con capacidad de autorreparación basados en caucho natural epoxidado (ENR) como matriz polimérica, utilizando ácido itacónico (IA) como agente vulcanizante de origen biológico y promotor de la reacción de transesterificación para la autorreparación.

El objetivo de proyecto es lograr propiedades de autorreparación para mejorar la sostenibilidad medioambiental. Además de aplicar los materiales obtenidos en el desarrollo de actuadores y sensores para robótica blanda. Este tipo de tecnologías resulta muy útil en campos como la biotecnología, para el desarrollo de prótesis, interacción humano-robot o la manipulación de objetos frágiles, en los que la robótica convencional se ve limitada.

Este trabajo se plantea como una introducción a la síntesis y caracterización de materiales elastoméricos con impacto medioambiental reducido mediante diferentes enfoques. Por un lado; el uso de matrices, agentes de entrecruzamiento y cargas de origen natural y renovable, y por otro la implementación de estrategias de autorreparación que permitan alargar la vida útil de los productos y su revalorización al final de esta.

Keywords: Caucho, Autorreparación, Sostenibilidad, Economía Circular.

---

## Tunable Resistive Behavior of NdNiO<sub>3</sub> for Neuromorphic Computing

**Borja García Ruiz**

Departamento de Física de Materiales (UCM)

Mott insulators are materials that exhibit metal–insulator transitions (MIT), whereby resistivity may change sharply with temperature. Since the transition temperature is sensitive to changes in electronic correlations, these materials may show a large resistive switching driven by external perturbations such as electric fields or mechanical strain. Here we show that in NdNiO<sub>3</sub> (NNO) thin layers MIT can indeed be triggered by the application of a threshold voltage beyond which the material abruptly becomes conductive, reverting to its insulating state after the electric perturbation is removed. The observed threshold-driven transition closely mimics the firing of biological neurons, while its ability to retain short-term memory—allowing subthreshold voltages to re-trigger conduction—resembles synaptic plasticity. These properties make Mott-based devices strong candidates for neuromorphic computing. We present approaches to these devices based both on NNO epitaxial films and freestanding membranes, integrated with ferroelectric layers, offering enhanced control of their resistive states through coupled electric and strain fields.

---

## Estructuras absorbentes de microondas

**Javier Rodríguez Calvete**

Instituto de magnetismo aplicado

La demanda de materiales absorbentes de microondas ha experimentado un crecimiento sostenido, impulsada por la necesidad de mitigar interferencias en sistemas de telecomunicación y en aplicaciones de baja observabilidad. En paralelo, la integración de materiales compuestos en la ingeniería aeronáutica ha transformado el diseño estructural mediante la combinación de fibras de refuerzo embebidas en matrices poliméricas y núcleos ligeros en configuraciones tipo sándwich. Estas estructuras alcanzan elevadas relaciones resistencia-peso y permiten la incorporación de funcionalidades asociadas a la reducción de la firma electromagnética. La respuesta electromagnética de estos

sistemas depende de la disposición y naturaleza de sus capas. La interacción entre superficies externas de fibra de vidrio y capas internas constituidas por fibra de carbono o metal genera patrones de interferencia ajustables en el espectro de microondas. Este comportamiento puede optimizarse mediante el empleo de superficies selectivas en frecuencia (FSS), lo que permite afinar el equilibrio entre integridad mecánica y rendimiento electromagnético en bandas específicas. La configuración multicapa de estas estructuras, además, propicia la dispersión de la energía incidente en forma de lóbulos hacia distintos ángulos de observación, los cuales pueden controlarse en distribución, posición y magnitud en función de los requisitos operativos.

En esta ponencia se exponen diferentes estrategias para abordar el diseño de este tipo de estructuras sintonizables que permitan su aplicación en un entorno real.

---

## Hacia rutas de producción más sostenibles para la fabricación de nuevas células TOPCon Híbridas

**Rafael Benítez Fernández**

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

La crisis climática actual ha impulsado a la comunidad internacional a transformar el paradigma energético mundial, orientándolo hacia fuentes más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Entre ellas, la tecnología fotovoltaica destaca por su bajo coste, su escalabilidad y su capacidad para aprovechar de forma limpia y renovable la abundante energía solar. No obstante, la fabricación de las actuales células solares tipo TOPCon (Tunnel Oxide Passivated Contact) implica etapas que requieren temperaturas extremadamente altas y el uso de gases tóxicos, lo que genera preocupaciones tanto ambientales como de seguridad laboral. El presente proyecto propone el desarrollo de una nueva estructura de célula solar, denominada Hybrid TOPCon, basada en la introducción de técnicas de fabricación alternativas más limpias y sostenibles. En particular, se busca sustituir el proceso tradicional de difusión del emisor —que opera a temperaturas cercanas a los 1000 °C y emplea gases peligrosos— por el depósito de óxidos de metales de transición mediante pulverización catódica a alta presión (high-pressure sputtering), un método que elimina dichos inconvenientes. Asimismo, se plantea reemplazar la etapa convencional de recristalización del silicio policristalino en horno por un tratamiento de recocido mediante microondas, lo que permitiría reducir significativamente el consumo energético y acortar los tiempos de procesamiento. De igual modo, la oxidación térmica de la capa túnel será sustituida por un proceso de oxidación con radiación ultravioleta y ozono (UV/O<sub>3</sub>), más rápido, eficiente y respetuoso con el entorno. Con esta combinación de innovaciones, la célula Hybrid TOPCon aspira a mantener o incluso mejorar la eficiencia de conversión de las tecnologías actuales, al tiempo que disminuye su huella ambiental y los riesgos asociados a su fabricación, contribuyendo así al avance hacia una transición energética verdaderamente sostenible.

---

## Membranas fototérmicas compuestas por nanoaditivos para destilación en membrana

**Sergio Díaz de Luz**

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

La destilación en membrana es un proceso no isoterma de desalación y tratamiento de aguas cuyo objetivo es la obtención de agua ultrapura. En este proceso, se establece una diferencia de temperatura entre el agua a tratar, denominada alimento, y el agua tratada, denominada permeado, separadas por una membrana hidrofóbica. Debido a la diferencia de temperaturas, existe un gradiente de presiones de vapor a ambos lados de la membrana, de manera

que este atraviesa la membrana del lado más caliente (alimento) al más frío (permeado), donde condensa. Esta tecnología ha ganado interés en los últimos años ya que garantiza un elevado factor de separación para compuestos no volátiles y ofrece la posibilidad de usar fuentes de calor residual o energías renovables para alimentar el proceso. Sin embargo, su desarrollo presenta retos importantes, como su baja eficiencia térmica o el fenómeno de polarización de temperaturas, que reduce la fuerza motriz efectiva del proceso y, en consecuencia, el flujo de permeado. Para solventar estos retos, recientemente se han empezado a desarrollar membranas autocalentables con materiales fototérmicos o fotoactivos en la superficie de la membrana en contacto con el alimento. Al iluminar las superficies, se produce un calentamiento que invierte la polarización de temperaturas en ese lado y aumenta la fuerza motriz efectiva, y por ende el flujo. Los objetivos de la tesis doctoral es desarrollar membranas con distintos nanoaditivos fototérmicos para destilación en membrana, caracterizar sus propiedades más relevantes y evaluar su rendimiento en sistemas experimentales. Hasta ahora se han desarrollado membranas de fluoruro de polivinilideno-co-hexafluoropropileno (PVDF-HFP) con nanopartículas de grafito. Los resultados obtenidos muestran que iluminar la capa fotoactiva de la membrana puede aumentar el flujo de permeado, y usando únicamente la luz solar como fuente de energía para el calentamiento del alimento, se pueden alcanzar flujos superiores a  $2 \text{ kg/m}^2\text{h}$ .

---

## PROTOTWIN: PET imaging and AI to improve proton therapy

**Pablo Cabrales Miró-Granada**

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

In proton therapy, verification of dose delivery is critical for detecting treatment plan deviations. This can be achieved by imaging produced positron-emitters with positron emission tomography (PET) and converting the data into a delivered dose image. The first part of my work, PROTOTWIN-PET (PROTON therapy digital TWIN models for dose verification with PET), is a patient-specific, deep learning and GPU-based workflow for 3D dose verification. It generates a dataset of simulated, realistic PET-dose pairs reflecting possible clinical deviations in patient positioning and physical parameters. A DL model is then trained to estimate the delivered dose and patient positioning errors from the PET image, demonstrating high accuracy in simulated head and neck cancer treatments.

The second part of my work involves mapping biological washout, driven by processes like perfusion and cellular metabolism, which reduces the PET signal-to-noise ratio but also offers insights into tumoral status. To achieve this, deep learning models are trained to enhance biological washout estimates and reveal intratumoral heterogeneity from PET scans after proton therapy. The training data includes simulations from hundreds of digital twins of cancer patients. These models provide accurate washout maps and uncertainty estimates for improved robustness, and reveal heterogeneity at the subtumoral level. This approach holds promise for improving understanding of tumor progression and treatment response, and enabling personalized treatment adaptation. Both frameworks are being applied to experimental and clinical data at Clínica Universidad de Navarra and Massachusetts General Hospital.

---

## Análisis de regiones de alto riesgo en tumores SDHB

**Javier García Muñoz**

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

El estudio del desarrollo de tumores es esencial para el correcto diagnóstico y tratamiento de las enfermedades asociados a ellos. Por ello, el análisis de imágenes mediante el uso de múltiples técnicas para obtener información crítica mejora la eficacia de los tratamientos permitiendo la identificación temprana de regiones resistentes a la terapia. Esto es particularmente relevante en tumores con mutaciones en el gen SDBH, ya que se asocian a malos pronósticos.

Estas mutaciones alteran el comportamiento del tumor generando una vascularización caótica y una heterogeneidad metabólica en el interior del tumor por lo que el estudio del metabolismo y la estructura vascular es esencial para su comprensión. Para el estudio de estos tumores se emplea la combinación de imágenes de ultrasonidos, PET y CT corregistradas, realizadas in vivo, que nos permiten analizar diferentes propiedades del tumor, tanto metabólicas, como relacionadas con la estructura vascular del interior, a lo largo del tiempo obteniendo un estudio en profundidad de este tipo de tumores. Las imágenes obtenidas se analizan empleando herramientas de clasificación tradicionales, combinadas con algoritmos de inteligencia artificial no supervisados, que analizan el tumor para encontrar relaciones entre procesos metabólicos y vasculares que permitan clasificar el tumor en regiones de interés. Estas regiones se comparan con imágenes de histología de los tumores para explorar las características relevantes en el desarrollo del tumor donde los biomarcadores estudiados permiten obtener información relevante para la comprensión del desarrollo de los tumores.

---

## An Analytical Model for Positron and Electron Range

**Robert Paneque Yunta**

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

Se presenta un modelo analítico para estimar el rango de positrones y electrones, con aplicación directa en física médica. Comienza destacando la importancia del rango del positrón (PR) como fuente de incertidumbre espacial en la tomografía por emisión de positrones (PET), especialmente para emisores de alta energía como Ga-68 y Rb-82.

El modelo propuesto analiza cómo el rango depende tanto del material como de la energía de emisión, utilizando representaciones basadas en Weibull Paper Plots (WPP) y el concepto de riesgos competitivos, ya aplicado previamente para positrones usando dos mecanismos de pérdida en el congreso IEEE MIC 2025. La finalidad de este modelo es presentar un método general capaz de recrear el rango del positrón/electrón en cualquier medio y para cualquier isótopo.

Finalmente, se discuten los casos de uso: cuantificación de la incertidumbre espacial, combinación con LET para obtener kernels de dosis y mayor rapidez potencial e interpretabilidad frente a métodos de deep learning. Como limitaciones, se menciona la dificultad para capturar transiciones complejas entre materiales y la dependencia de la parametrización escogida.

---

## Experimentos de Fast Timing con SiPMs de Hamamatsu y centelleadores

**Sara Gaitán Domínguez**

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

La tomografía por emisión de positrones (PET) ha usado tradicionalmente tubos fotomultiplicadores (PMTs) para detectar la luz de los cristales centelleadores. Hoy, los fotomultiplicadores de silicio (SiPM) están sustituyendo a los PMTs gracias a su tamaño reducido, robustez, bajo precio y la posibilidad de operar a voltajes menores. Sin embargo, los SiPM también presentan desafíos, como mayor corriente oscura o sensibilidad a la temperatura.

En este trabajo comparamos la resolución temporal en coincidencia (coincidence time resolution, CTR) de distintos SiPM comerciales acoplados a cristales rápidos como LYSO y LaBr<sub>3</sub>(Ce), enfrentados a un PMT rápido de utilizado como referencia. Varios SiPM individuales alcanzan contribuciones temporales por debajo de 100 ps, y las mejores opciones se integraron en matrices más grandes para evaluar su uso en detectores. Estos resultados ayudan a identificar los SiPM más prometedores para sistemas de alta resolución temporal.

## Modos colectivos en redes periódicas de nanopartículas

**Juan José Álvarez Serrano**

Instituto de Química Física Blas Cabrera (IQF-CSIC)

Las nanopartículas metálicas interactúan fuertemente con la luz dando lugar a modos localizados llamados plasmones, que permiten confinar el campo electromagnético en volúmenes muy pequeños y generar intensidades locales muy elevadas. Cuando estas nanopartículas se organizan en redes periódicas, la interacción coherente entre los elementos de la red da lugar a nuevos modos colectivos: las resonancias de red. Gracias a su naturaleza colectiva, estas resonancias presentan perfiles espectrales muy estrechos a la par que intensos. Esta combinación de intensidad y selectividad espectral los convierte en candidatos ideales para aplicaciones en sensado y procesos láser.

En esta ponencia se abordará el fenómeno de las resonancias de red desde un enfoque teórico riguroso, destacando su origen físico y sus propiedades fundamentales. Se presentarán además varios efectos emergentes asociados a estos modos, como la aparición de resonancias fuera del plano, la posibilidad de alcanzar absorción perfecta, y su papel en la mejora de procesos fotocatalíticos.

---

## Agujeros de gusano: ¿Ciencia o ficción?

**Pablo Navarro Moreno**

Departamento de Física Teórica (UCM)

Los agujeros de gusano son objetos frecuentemente utilizados en ciencia ficción para recorrer grandes distancias en escalas temporales humanas, aprovechando estas extrañas geometrías para conectar regiones aparentemente lejanas. Sorprendentemente estos objetos son soluciones de las ecuaciones de campo de Relatividad General si incluimos campos adicionales. En particular, la solución de Ellis-Bronnikov se sirve de un campo escalar fantasma para soportar la garganta del agujero de gusano. Pero, ¿pueden existir en la naturaleza? Los recientes avances en el campo de ondas gravitacionales han abierto una nueva ventana de observación al universo, convirtiendo a los objetos compactos en laboratorios ideales en los que probar la teoría de la gravedad. La fase de "ringdown" se caracteriza por unas frecuencias de resonancia y unos tiempos característicos de decaimiento, llamados modos cuasinormales. Este espectro de modos puede estudiarse por métodos perturbativos y nos permite hacer un estudio de la estabilidad, donde encontramos que los agujeros de gusano de Ellis-Bronnikov son inestables bajo perturbaciones radiales. Nosotros proponemos cargar eléctricamente estos objetos para relajar las inestabilidades y obtener configuraciones con tiempos de vida largos. En esta charla hablaremos también de cómo, a través del rastro que dejan las ondas gravitacionales, podemos estudiar diferentes objetos y teorías.

---

## Cosmología y sector oscuro en modelos TDiff

**Diego Tessainer Bonet**

Departamento de Física Teórica (UCM)

La Relatividad General (RG) es actualmente la teoría establecida para describir la gravedad. Sin embargo, existen ciertas cuestiones teóricas (como el problema de la energía del vacío) y observacionales (tensiones cosmológicas) sin resolver que apuntan a la necesidad de considerar modificaciones o extensiones de la teoría. Por otro lado, las observaciones indican que el universo se expande de forma acelerada, lo que comúnmente se explica como una consecuencia de la dominancia de una componente de energía oscura, cuya naturaleza se desconoce. De forma similar, también es conocido que la mayor parte de la materia del universo está presente en forma de materia oscura, cuya naturaleza tampoco se conoce. En RG, la simetría fundamental de la teoría es la invariancia bajo difeomorfismos (Diff), que se traduce en la invariancia de las leyes físicas bajo cambios de coordenadas. En esta tesis, nos centramos en romper la invariancia Diff al subgrupo de difeomorfismos transversos (TDiff) en el sector de materia, estudiando en concreto las implicaciones cosmológicas que puede tener esto y las posibles consecuencias en relación a la descripción del sector oscuro. En concreto, estudiamos modelos de múltiples campos escalares TDiff como una posible descripción de materia oscura y energía oscura en interacción, llevando a cabo un análisis de los mismos desde el punto de vista fenomenológico.

---

## On the properties of mollified functions with applications to trajectory tracking and path following

**Alfredo González Calvin**

Sección Departamental de Arquitectura de Computadores y Automática (UCM)

Most trajectory tracking and path following algorithms in engineering require the desired trajectory to be at least twice continuously differentiable to guarantee global convergence. As a result, these methods typically exclude piecewise continuous linear trajectories or, more generally, continuous but non-differentiable paths. We present a method to regularize such non-differentiable paths via mollification. Specifically, we approximate the original trajectory with a differentiable function that can be made arbitrarily close to the original path, thereby enabling the use of standard algorithms.

---

## Estudio de la respuesta temporal de materiales centelleadores

**Miriam Caballero Rodríguez**

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

Los detectores de centelleo son una de las herramientas más versátiles y fascinantes en la detección de radiación. Desde la medicina nuclear hasta la física de partículas, su capacidad para transformar la energía de radiaciones invisibles en destellos de luz medibles los convierte en auténticos traductores del mundo subatómico. En esta charla exploraremos algunos de los materiales centelleadores más destacados y actuales: el  $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ , ampliamente usado junto a fotomultiplicadores (PMTs) por su excelente resolución energética y respuesta rápida, y los detectores de partículas basados en YSO y  $\text{GaGG}(\text{Ce})$ , cristales de óxidos brillantes que están ganando protagonismo por su robustez, estabilidad y eficiencia lumínica. A través de mediciones, veremos cómo estos materiales convierten la radiación en información útil y cuáles son los retos tecnológicos que aún debemos superar para seguir mejorando la sensibilidad y precisión de nuestros detectores.

---

## Estructura nuclear de isótopos de Ge ricos en neutrones

**Pablo González-Tarrío Vicente**

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

The region near  $^{78}\text{Ni}$  is crucial for nuclear structure studies, as it lies around a doubly-magic shell closure ( $Z = 28$ ,  $N = 50$ ), making it an ideal testing ground for shell evolution and the interplay between single-particle and collective effects. Currently, many experimental and theoretical efforts are dedicated to investigating this region of the nuclear, aiming to understand the robustness of nuclear shells far from stability and the emergence of collective effects as nucleons are added. The interaction among valence nucleons may be capable of attenuating the magic nature of a nucleus very close to shell closures. From this perspective, isotopes of Ge ( $Z = 32$ ), could be of significant interest to understand the evolution of the  $N = 50$  gap.

In the recent IS771 experimental campaign, neutron-rich Ge isotopes were investigated via decay spectroscopy at the ISOLDE Decay Station (ISOLDE, CERN) using very neutron-rich Ga beams, produced using the PSB protons impinging on a proton-to-neutron converter to fission a thick  $\text{UC}_x$  target. High production yields were achieved for isotopes such as  $^{83-85}\text{Ga}$ , populating  $^{83-85}\text{Ge}$  through  $\beta$ -decay and  $\beta$ -delayed neutron emission. The calculated yields for the different decays of this experiment were consistent with previous measurements.

The high yields together with the spectroscopic capabilities of the ISOLDE Decay Station, equipped with 10 HPGe detector clovers in a compact geometry, enabled a significant expansion of previous knowledge, including the identification of new transitions and levels, as well as the ability to carry out angular correlations measurements for spin-parity assignments. In addition, two  $\text{LaBr}_3$  and three beta detectors were used to perform lifetime measurements of excited states in the subnanosecond range via fast-timing techniques.

In this contribution, the current status of the analysis of the experiment will be presented, focusing on the obtained yields, the extended level schemes extracted through high-resolution  $\gamma$ -ray spectroscopy and the preliminary results for lifetime measurements.

---

## L-forbidden M1 transitions in N=50

**Gabriel García De Lorenzo**

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

Regions near closed shells in areas of the nuclear chart far from stability are very interesting from the point of view of nuclear structure, since they provide an ideal testing ground to investigate the competition between single particle degrees of freedom and collective effects from many nucleons. This is the case for nuclei near the doubly-magic  $^{78}\text{Ni}$  nucleus, with  $Z = 28$  and  $N = 50$ . The systematic of transitions from the first-excited states of the even- $A$   $N = 50$  isotones [2, 3] is very enlightening, since M1 transitions are expected to be  $\Gamma$  forbidden, resulting in long half-lives with small transition probabilities. A more complete understanding of these  $\Gamma$  forbidden M1 transition could be achieved by extending the systematics. To this end, two complementary experiments were performed at two different facilities: ISOLDE (CERN) and ILL (Grenoble, France). The first experiment aimed to study the half-life of the first excited state of the  $^{83}\text{As}$  via a  $\beta$ -decay experiment of  $^{83}\text{Ga}$  at the ISOLDE Decay Station during a recent beam test. These nuclei were produced via fission induced by fast neutrons in a  $\text{UC}_x$  target. In the second experiment, the half-lives of the first excited states in  $^{85}\text{Br}$  and  $^{87}\text{Rb}$  were investigated at the LOHENGRIN spectrometer at ILL. Here, the nuclei of interest were produced by fission experiment at ILL, where the parent nuclei,  $^{85}\text{Se}$  and  $^{87}\text{Kr}$ , were transported and mass-separated by the LOHENGRIN spectrometer. In the following, I will present a preliminary analysis of both experiments, discussing the methodologies used and the initial results obtained. Additionally, I will draw some conclusions regarding the systematics of the  $\Gamma$ -forbidden M1 transitions, highlighting their implications for nuclear structure.

## Halo nuclei as open quantum systems.

**Daniel Movilla Quintero**

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

The unique structure of the halo nucleus  $^{11}\text{Be}$  continues to challenge the traditional understanding of nuclear stability and weak interaction dynamics. In this nuclei, the characteristics of a weakly-bound single-particle orbital wave function, defined by its closeness to the confinement threshold, are central to many nuclear phenomena. The weak binding of the halo neutron in  $^{11}\text{Be}$ , positioned near the proton emission threshold, creates a quantum environment where the halo neutron's wave function extends into the continuum. This open quantum system behavior allows for an enhanced decay channel via a narrow resonant state closer to the daughter nuclei  $^{11}\text{B}$  proton separation energy, which significantly increases the proton emission branching ratio. Resulting in a considerable branching ratio of proton emission in a neutron rich nuclei, which is in actual experimental discrepancy with theoretical models.

This coupling to continuum states manifests as a Fano resonance, ubiquitous phenomenon in nature, where the interference between the discrete resonant state and the background continuum produces asymmetric line shapes in nuclear spectroscopy. Moreover, weak binding behavior significantly affects our insights into the evolution of single-particle orbitals, the positioning and significance of the light particle drip lines, and the emergence of nuclear halo states. This fact, opens the possibility of more exotic decay modes, such as the hypothesized dark decay, such process would evade direct detection, representing an intriguing interface between nuclear structure physics and particle physics beyond the standard model.

---

## Development of a Single-Chamber Multiplexed Thin-Strip Timing RPC for SHiP and R3B

**Cayetano Soneira Landín**

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

We report on ongoing work at LIP to streamline the readout of large-area timing RPCs for the SHiP and R3B experiments. Building on João Pedro Saraiva's double-timing multigap RPC — which combines 2.54 mm thin-strip boards, 61 mm timing strips, and signal-merging PCBs to achieve 65 ps resolution with a fivefold channel reduction — we now target a single-chamber solution that dispenses with the thick-strip plane. The final step is to implement complementary fast/slow filters on the thin-strip readout, enabling a single timing RPC to deliver both precise time-of-flight and sub-millimetre position measurements without relying on thick strips. This development path shows how multiplexed thin-strip technology can equip large-acceptance experiments with reduced cost and complexity while maintaining full physics performance.

---

## Machine Learning y Física Nuclear

**David Calonge González**

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

Desde hace pocos años se está comenzando a implementar técnicas de Inteligencia Artificial en el ámbito de la investigación. En concreto, dentro de la Física Nuclear Experimental el Aprendizaje Automático (Machine Learning) cobra cada vez más relevancia a la hora de llevar a cabo análisis complejos. En mi presentación introduciré de manera divulgativa la Inteligencia Artificial y presentaré dos casos de uso en mi tesis doctoral: la solución de la óptica de iones de FRS en Alemania y la identificación de señal en nuestro experimento para la medición de la vida media.

---

## Neutron energy measurements of $(\alpha, xn)$ reactions with MONSTER

**José Llanes Gamonoso**  
Ciemat

The total neutron yield and neutron spectra from  $(\alpha, xn)$  reactions are relevant for basic nuclear physics, nuclear technology, and applications. These fields rely on accurate experimental data of the nuclear reactions involved. Yet most of the available data were measured decades ago, are incomplete, or have large uncertainties. Updating these libraries for  $(\alpha, xn)$  requires, among others, to carry out new experimental measurements.

The Measurement of Alpha Neutron Yields and spectra (MANY) collaboration is carrying out a broad program on the measurement of  $(\alpha, xn)$  reactions for improving and expanding the existing databases. In the last years, a set of measurements on production yields, cross sections, and neutron and  $\gamma$ -ray energy spectra in the  $^{27}\text{Al}(\alpha, xn)^{30}\text{P}$  reaction, at both Centro de Micro-Análisis de Materiales (CMAM) and Centro Nacional de Aceleradores (CNA) facilities, have been carried out.

In particular, I will present here the preliminar neutron energy spectra obtained from the analysis of the measurement of the  $^{27}\text{Al}(\alpha, xn)^{30}\text{P}$  reaction at the CNA HiSPANoS facility, using six cells of the MODular Neutron time-of-flight SpectromETER (MONSTER) and the Time Of Flight (TOF) technique.

---

## Construyendo el tiempo: desarrollo de un patrón de frecuencia óptica basado en iones de calcio atrapados

**Adriana Palos Pereira**  
Departamento de Física Teórica (UCM), Centro Español de Metrología (CEM)

La medición del tiempo ha sido siempre un eje fundamental en la física, la tecnología y la sociedad. Desde los relojes de péndulo hasta los patrones atómicos basados en transiciones de cesio, cada avance en la metrología de frecuencia ha impulsado transformaciones decisivas en la navegación, las comunicaciones y la ciencia básica. Hoy, los patrones de frecuencia ópticos, sustentados en transiciones extremadamente estrechas de iones atrapados y átomos neutros, están inaugurando una nueva era de precisión y estabilidad en la disseminación del tiempo. El propósito de esta presentación es introducir los principios de los patrones de frecuencia ópticos y destacar su papel en la metrología contemporánea. Mediante la interrogación de transiciones ópticas con láseres ultraestables y el uso de peines de frecuencia para una medición exacta, estos sistemas alcanzan incertidumbres fraccionarias varios órdenes de magnitud inferiores a las de los relojes de microondas tradicionales, llegando a niveles del orden de una parte en  $10^{18}$ . Se describirá la forma en que se implementan estos patrones de frecuencia y el proyecto llevado a cabo en el CEM, orientado al desarrollo de un patrón basado en la tecnología de trampa de iones, empleando específicamente iones de calcio 40, la especie más abundante de este elemento. Este enfoque no solo constituye una plataforma robusta para

la metrología cuántica, sino que también abre el camino hacia aplicaciones emergentes en comunicaciones cuánticas, así como hacia la futura redefinición del segundo en el Sistema Internacional de Unidades.

---

## Impacto de la expansión urbana y los flujos térmicos mesoescalares en la meteorología local de Madrid

**Juan Carbone Díaz**

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

En las últimas décadas (1970–2020), la población de la Comunidad de Madrid se ha duplicado y su superficie urbana se ha multiplicado por cinco. Según las proyecciones del INE (2022), para 2037 la ciudad de Madrid podría crecer entre 1,15 y 2,14 veces respecto a 2010, junto con un aumento poblacional del 15

Este estudio analiza cómo la expansión urbana de Madrid influye en su meteorología local mediante el modelo mesoescalar WRF, configurado con la parametrización urbana BEP-BEM (Martilli et al., 2002; Salamanca et al., 2010; Carbone et al., 2024). Se integraron parámetros urbanos que reflejan el crecimiento de la ciudad entre 1970 y 2020. Los resultados muestran que las zonas con mayor fracción urbana presentan temperaturas del aire más elevadas, sobre todo durante la noche. Además, la urbanización modifica el balance de energía superficial y el transporte turbulento. Estos resultados evidencian cómo los cambios inducidos por la ciudad afectan la meteorología local y refuerzan la necesidad de estrategias de adaptación climática que mejoren la calidad del aire y el confort térmico.

Este trabajo se enmarca en el proyecto MULTIURBAN-II (“Impactos de los flujos térmicos mesoescalares en la isla de calor urbana, la meteorología local y la calidad del aire en entornos complejos de la ciudad”), que analiza la dinámica de estos flujos, su papel en la mezcla turbulenta y sus efectos sobre el clima urbano. Para ello, se combinan datos de campañas de campo con simulaciones del modelo WRF mejorado con el módulo urbano WRF-Comfort (Martilli et al., 2024), permitiendo evaluar y validar la evolución del confort térmico bajo la influencia de las brisas.

---

## Estandarización y gestión de datos medioambientales: geoportales aplicados a las ciencias del clima

**Lucía Sanz Pinilla**

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

El aumento de la frecuencia y la escala del muestreo atmosférico y oceánico resalta la creciente necesidad de tratar eficientemente la información. Gestionar los datos de forma correcta es cada vez más importante para comprender y modelar fenómenos complejos como el calentamiento global, la acidificación de los océanos o los patrones de circulación atmosférica y oceánica. Por ello, el desarrollo de infraestructuras sólidas que faciliten la búsqueda y el acceso a estos datos se vuelve esencial para garantizar un aprovechamiento efectivo de la información. En este contexto, el concepto de los geoportales como interfaces humano-máquina surge como una de las soluciones clave para acceder y difundir datos espaciales. El Instituto Español de Oceanografía (IEO-CSIC) centra su actividad en la oceanografía, la investigación marina y el asesoramiento científico. Estudia los ecosistemas, coordina programas de investigación y realiza campañas con buques oceanográficos para recopilar información sobre los recursos marinos. Debido a la gran cantidad de información recogida por el IEO, con más de 5.700 campañas realizadas y más de 65.800 conjuntos de datos, existe una necesidad evidente de organizar, estandarizar y relacionar las diferentes bases de datos mediante un catálogo. Se está trabajando con herramientas de código abierto como GeoNetwork para desarrollar un

repositorio de metadatos que cumpla con los principios FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable) y que permita organizar la información oceanográfica multidisciplinar, facilitando la búsqueda y el intercambio global. Los geoportales no solo mejoran la gestión de la información, sino que también promueven la colaboración entre instituciones públicas, privadas y académicas, evitan la duplicación de esfuerzos y potencian la ciencia abierta en el ámbito medioambiental.

---

## Olas de calor sobre México: diagnóstico, caracterización y mecanismos

**María Regina Ortiz Martin**

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

En las últimas décadas se ha observado un incremento de la temperatura global debido a las actividades humanas. Como resultado, diversos fenómenos meteorológicos extremos se han vuelto cada vez más frecuentes, persistentes e intensos en la mayoría de las regiones del planeta, y esta tendencia se agravará con el continuo calentamiento global.

Las olas de calor representan uno de los extremos de mayor preocupación debido a sus impactos en múltiples sectores. En el caso de México, ubicado en una zona de transición entre latitudes medias y tropicales, los sistemas meteorológicos que afectan al país son muy variados y conllevan impactos espacialmente diversos. Se han estudiado las olas de calor en el centro de México (CM), encontrando dos principales grupos de acuerdo a su evolución espacio-temporal, y que responden a distintos orígenes y mecanismos de formación: continental y marítimo. En el segundo, El Niño (EN) juega un papel importante, actuando como una fuente de calor convectivo en los trópicos y desencadenando un patrón de Gill que afecta a la generación de olas de calor en el CM.

---

## Investigating Extreme Arctic Ozone Depletion: The Role of O<sub>3</sub> Radiative Feedback

**Weiji Hu**

IGEO-CSIC

Arctic ozone exhibits strong interannual variability due to the highly variable polar vortex. On some occasions, such as in 2011 and 2020, the Arctic experiences extreme ozone depletion events. The predictability of these extremes remains an open question. One particularly intriguing aspect is the potential two-way interaction between ozone and the circulation. A reduction in ozone cools the stratosphere and can influence the strength and persistence of the polar vortex; in turn, the dynamical environment strongly conditions the magnitude of ozone loss. However, most subseasonal-to-seasonal (S2S) forecasting systems prescribe ozone, meaning they cannot represent this interaction. My PhD project aims to investigate the impact of ozone on predictability during these extreme Arctic depletion events. In this talk, I will present results from a 200-year chemistry–climate model simulation and a set of targeted hindcast experiments designed to isolate the role of ozone–radiation feedback. By comparing simulations with interactive ozone to those with prescribed ozone, we obtain preliminary evidence that ozone may influence the evolution of extreme Arctic ozone-loss events.

---

## Explorando el interior volcánico de La Palma mediante la magnetometría y el método magnetotelúrico.

**María Romero Toribio**

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

La isla de La Palma constituye un laboratorio natural para el estudio de sistemas volcánicos activos con alto potencial geotérmico. La geofísica aplicada, y en particular los métodos magnético y magnetotelúrico, ofrecen gran valor por su capacidad para revelar estructuras profundas y someras del subsuelo dados los contrastes en sus propiedades físicas. Se presentan brevemente tres líneas de investigación centradas en la caracterización geofísica de La Palma que se están desarrollando durante la tesis. En primer lugar, se ha analizado y modelizado el mapa de anomalías magnéticas de la isla, cuyos datos originales se adquirieron en 1993. Por primera vez se ha estudiado la estructura interna de la isla con modelos derivados de la teoría de potencial magnético, incluyendo técnicas como la reducción al polo y el cálculo de la profundidad máxima de la imanación mediante la deconvolución de Euler. El modelo 3D de susceptibilidad magnética de La Palma obtenido de la inversión de estos datos revela una estructura regional coherente con modelos geoelectrónicos y gravimétricos previos. En segundo lugar, se presenta un estudio aeromagnético local de alta resolución sobre el volcán Tajogaite de 2021, basado en datos adquiridos con dron. Como resultado se ha obtenido y procesado el primer mapa de anomalías magnéticas del nuevo edificio volcánico, permitiendo calcular un modelo 3D de susceptibilidades magnéticas de la zona. En este caso, conocida la susceptibilidad media de la zona, las variaciones de la misma en profundidad dan información sobre la temperatura del subsuelo obedeciendo la ley de Curie. Los resultados han desvelado un posible camino que pudo tomar el magma horas antes de emerger. Finalmente, la tercera línea de trabajo en curso presenta nuevos datos magnetotelúricos adquiridos en el Tajogaite con el fin de caracterizar la resistividad eléctrica en la zona que habría canalizado el ascenso magmático.

---

## Desarrollo de un sistema de detección de anomalías ionosféricas mediante técnicas de Aprendizaje Automático. Aplicación a riesgos naturales.

**Ariana Varela Mendez**

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

La ionosfera es una capa de la atmósfera esencial para los servicios de comunicación y navegación, influenciada por la actividad solar y geomagnética. Sin embargo, diversos estudios han mostrado que también puede presentar variaciones asociadas con fenómenos terrestres, como los terremotos. Determinar objetivamente cuándo una perturbación ionosférica está realmente relacionada con un sismo sigue siendo un desafío. En esta tesis se propone una metodología -basada en machine Learning- para detectar automáticamente la relación entre anomalías ionosféricas y terremotos. Se utilizan datos de densidad electrónica (Ne) obtenidos por la constelación de satélites Swarm de la Agencia Espacial Europea, aplicando el algoritmo de detección de anomalías NeAD, el cual genera imágenes de anomalías dentro del área de Dobrovolsky (zona de preparación de un terremoto). Hasta ahora, la validación de estas anomalías depende del criterio experto del investigador, quien determina manualmente su relación con el terremoto analizado; el objetivo de este trabajo es automatizar ese proceso mediante técnicas de machine Learning: una red neuronal autoencoder para reconocer patrones y reducir la complejidad de las imágenes y los algoritmos de K-Means y spectral clustering para agrupar las anomalías según sus características. Como caso de estudio se analizó el terremoto de magnitud Mw 7.6 ocurrido en México el 19 de septiembre de 2022. Se identificaron cinco tipos de anomalías, donde la duración y la intensidad resultaron ser los factores más relevantes para diferenciarlas. Los resultados sugieren que uno de los grupos de anomalías está asociado directamente al proceso sísmico principal, mientras que los demás se vinculan con otros fenómenos, como la actividad geomagnética, ciclones tropicales o erupciones volcánicas. En trabajos futuros se pretende aplicar esta metodología a terremotos de diferentes regiones del mundo y compararla con zonas tectónicamente estables, con el fin de validar el método y mejorar la comprensión de la interacción entre litosfera, atmósfera y ionosfera.

## Aprendizaje automático y gemelos digitales en ciencias de la Tierra sólida

**Manuel Báez de Pablo**

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

El riesgo asociado a las erupciones volcánicas afecta cada año a millones de personas, y su mitigación constituye uno de los desafíos más relevantes dentro de las ciencias de la Tierra sólida. La creciente disponibilidad de datos geofísicos de monitoreo —como series temporales GNSS o imágenes satelitales entre otras— está impulsando nuevas estrategias para anticipar el comportamiento de los sistemas volcánicos. Entre ellas destaca el desarrollo de gemelos digitales, réplicas virtuales que integran observaciones y modelos físicos para seguir en tiempo real la evolución de un sistema natural y, potencialmente, apoyar la mitigación del riesgo. En este contexto, un elemento clave del gemelo digital es el algoritmo de asimilación de datos, encargado de combinar el modelo dinámico con las observaciones disponibles. En este trabajo se explora el uso del Filtro de Kalman Ensemble (EnKF) como posible herramienta de asimilación para sistemas volcánicos. Para evaluar su viabilidad, se han realizado experimentos con datos sintéticos basados en series temporales GNSS y en estimaciones de volumen de lava emitido, inspirados en los registros de la erupción de La Palma de 2021. En aquel caso, ambas variables mostraron tendencias aproximadamente exponenciales, lo que permite plantear un modelo sencillo de cámara magmática adecuado para poner a prueba el algoritmo. Finalmente, como línea futura, se está considerando la incorporación de métodos de aprendizaje automático para abordar problemas inversos en geofísica. Estos métodos podrían proporcionar estimaciones más robustas de los parámetros y estados internos del sistema volcánico, facilitando así la integración con algoritmos de asimilación dentro de un gemelo digital operativo.

---

## Innovaciones en la reconstrucción para escáneres PET de última generación

**Carlos Galindo Morata**

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

La Tomografía por Emisión de Positrones (PET) es una técnica de imagen molecular que aporta información fisiológica clave en oncología, neurología, cardiología y estudios preclínicos. Sin embargo, ésta se encuentra limitada por diversos factores físicos, como el rango del positrón, la no-colinearidad de los fotones de aniquilación, o la resolución espacial de los detectores PET. Esto ha motivado la búsqueda de nuevos modelos de escáneres a fin de optimizar la calidad de imagen. A lo largo de este trabajo mostraré distintos escáneres con los que trabajamos en el Grupo de Física Nuclear, como el proyecto RETIMAGER, en el que se utilizan técnicas de última generación de grabado láser para optimizar la resolución de los detectores. Éstos se caracterizan además por presentar matrices de cristales hexagonales para adaptarse a la morfología esférica enfocada al PET cerebral.

El objetivo de mi tesis es mejorar todo el proceso de reconstrucción de imagen PET. Para ello utilizamos el simulador realista UMC-PET, acelerado por medio de GPU y capacitado para adaptarse a cualquier detector y geometría del escáner. UMC-PET nos permite estimar la resolución de cada uno de nuestros escáneres para optimizar la manufacturación de los mismos, así como derivar un modelado de Point Spread Function (PSF) espacialmente variable (SV-PSF) que pueda ser utilizado para optimizar la resolución espacial del escáner. La SV-PSF se ha incorporado en el algoritmo de reconstrucción iterativo de máxima verosimilitud (EMML), permitiendo una mejora de la resolución tanto en un escáner preclínico como en uno clínico de dedicado a cerebro.

## Simulaciones ópticas para la optimización de detectores PET de última generación

**Clara Golhen Mateo**

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

La resolución de imagen en los escáneres PET depende en gran medida de la capacidad de los detectores para identificar con precisión la posición de interacción de los fotones gamma dentro del cristal centelleador. El objetivo de este trabajo es optimizar el rendimiento de los detectores PET mediante simulaciones ópticas avanzadas utilizando un simulador propio, GOSS (GPU-based Optical Simulator of Scintillator Crystals), que modela el transporte de fotones ópticos dentro de los cristales centelleadores desde la deposición de energía generada por un rayo gamma hasta su absorción por un sensor fotosensible de silicio (SiPMs). El modelo óptico utilizado ha sido validado frente a resultados experimentales. Mi trabajo actual se enmarca dentro del proyecto RETIMAGER, que tiene como objetivo la utilización de un grabado láser para los detectores PET que permita optimizar las propiedades ópticas de la segmentación. En nuestro estudio se combinan los resultados de las simulaciones junto con algoritmos de Deep Learning, observando un compromiso entre la resolución espacial en el plano transversal y en profundidad dentro del detector en función de la transparencia de los cristales segmentados. Nuestro estudio ha permitido optimizar estos parámetros ópticos para lograr el mejor compromiso en resolución. El trabajo futuro inmediato se enfocará en comprobar experimentalmente estos resultados. Este estudio ampliará el análisis de los parámetros óptimos para esta tecnología emergente, con el objetivo de mejorar la precisión en la identificación de las interacciones gammas y, en última instancia, la resolución global del escáner.

---

# Programa de Doctorado en Astrofísica

## Dust attenuation features at cosmic noon: a multi-wavelength study with JWST, Keck and VLT

**Leonor Arriscado**

Centro de Astrobiología (CAB), CSIC-INTA

Despite constituting only a small fraction of a galaxy's baryonic mass, dust is the component that most strongly shapes our observations. Dust grains are responsible for absorption and scattering of ultraviolet (UV) and optical photons, and the re-emission of this light in the infrared.

One of the most mysterious features of extinction and attenuation curves of galaxies is the UV attenuation bump centered at  $2175\text{\AA}$ . This feature is prominent in the extinction curves of many nearby galaxies, such as the Milky Way and the Large Magellanic Cloud, but is absent in the Small Magellanic Cloud. It has also been detected in the attenuation curves of galaxies at high redshift ( $z \sim 7$ ). Its main carrier candidates are Polycyclic Aromatic Hydrocarbon molecules (PAHs), yet most existing links between the UV bump and PAH emission come from laboratory studies or theoretical models.

In this talk, I will present the first observational study to investigate the relationship between the UV bump, PAH emission, and gas-phase metallicities derived from strong emission lines. This multi-wavelength analysis leverages the synergies between JWST and ground-based facilities to provide a more complete view of the dust cycle in galaxies at cosmic noon.

---

## How massive stars grow: Deriving mass accretion rates in massive young stellar objects

**Lucía Fullana García**

Centro de Astrobiología (CAB), CSIC-INTA

Although massive stars ( $\geq M_{sun}$ ) are rare, they play a key role in the chemical and dynamical evolution of galaxies through their radiation, stellar winds, and supernova explosions. However, the physical mechanisms that govern their formation remain poorly understood. Unlike low-mass stars, whose growth is well described by the magnetospheric accretion mechanism in which material is channelled along magnetic field lines onto the stellar surface, massive stars cannot sustain this process because their magnetic fields are weak or even absent. Observational studies of massive young stellar objects (MYSOs) are particularly challenging, as they remain deeply embedded in their natal envelopes during most of their formation and evolve on very short timescales. This has so far prevented direct measurements of mass accretion rates in this regime. In this work, we analyse a sample of very massive young stellar objects that, for reasons not yet understood, are observable in the optical range. Their optical spectra show clear signatures of ongoing accretion, such as a Balmer jump excess and numerous emission lines. From these diagnostics, we aim to derive mass accretion rates using a non magnetic accretion model. Furthermore, we plan to establish empirical relations between the derived accretion rates and the luminosities of the detected emission lines, following the approach successfully applied to lower-mass stars. These results will provide new constraints on the accretion processes and early evolution of massive stars.

## Acreción y disrupción de galaxias satélite enanas en simulaciones cosmológicas

**Sergio García Moreno**

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

La formación y evolución de las galaxias es uno de los temas más activos de la astrofísica moderna. Tradicionalmente se ha asumido que la masa de un halo de materia oscura determina por completo las propiedades de la galaxia que alberga. Sin embargo, las simulaciones cosmológicas más recientes, como IllustrisTNG, han revelado diferencias sistemáticas que apuntan a un papel relevante de otras propiedades del halo y del entorno cósmico a gran escala. Comprender el origen de estas correlaciones es esencial para explicar por qué algunas regiones del Universo forman galaxias rápidamente, mientras que otras permanecen con baja eficiencia de formación estelar.

El estudio de estos procesos se apoya en programas llamados halo finders, que localizan en las simulaciones las concentraciones de materia oscura donde se forman las galaxias. Pero estos algoritmos presentan limitaciones: pueden confundir halos distintos, detectar estructuras espurias o perder objetos reales durante interacciones cercanas. Se presenta un nuevo software que corrige los errores más frecuentes del conjunto Rockstar-Consistent Trees, uno de los halo finders más empleados, identificando artefactos numéricos y reconstruyendo la evolución temporal de los halos de forma coherente hasta el presente. Con ello, se obtiene una descripción más precisa y continua de la historia de formación de las galaxias en las simulaciones cosmológicas.

Esta nueva herramienta es de gran interés para obtener información fiable sobre las propiedades intrínsecas y orbitales de los halos, vitales para estudiar los procesos de disrupción de los halos satélite alrededor de galaxias tipo Vía Láctea. Se presentan, además, los primeros resultados preliminares al examinar el ángulo de caída de los satélites en simulaciones cosmológicas completas, como Vintergatan o Auriga, en función de su estado dinámico un tiempo después de su caída en el potencial de la galaxia principal. Estos resultados forman parte de un artículo en preparación.

---

## Mecanismos que definen la formación estelar: metalicidad y agujeros en el HI

**Guillermo Valé Arteaga**

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

Comprender los mecanismos que gobiernan la formación estelar en las galaxias es fundamental para desvelar su evolución. Este trabajo emplea estadística bayesiana y técnicas de minería de datos para analizar gradientes de metalicidad, los cuales ofrecen información valiosa sobre el procesado y el enriquecimiento del gas en las galaxias. Una tendencia destacada es la manifestación del efecto downsizing en las propiedades resueltas de las galaxias, de manera que las galaxias masivas forman estrellas más rápidamente que sus contrapartes de menor masa.

Además, se utilizarán técnicas de Machine Learning para identificar agujeros en el HI de estas galaxias, con el objetivo de lograr una comprensión más profunda de cómo distintos procesos influyen en la evolución galáctica.

## Resultados preliminares de Dwarfs4MOSAIC: un estudio bidimensional de galaxias de baja masa y alta formación estelar a bajo redshift. Un estudio piloto para MOSAIC en el ELT.

**María Chillarón Víctor**

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

El estudio de las primeras galaxias que contribuyeron a la Reionización del Universo será posible gracias a espectrógrafos de campo integral y multiobjeto como MOSAIC (con una contribución destacada de GUAIX), que se instalará en el Extremely Large Telescope (ELT) de 39 metros, actualmente en construcción. Como estudio piloto para este objetivo, se está llevando a cabo un análisis bidimensional detallado de las propiedades físicas de una muestra de galaxias enanas, de baja masa y alta formación estelar a bajo desplazamiento al rojo. Este proyecto forma parte del programa ITP Dwarfs4MOSAIC (IP Jesús Gallego).

En esta charla se presentarán los resultados de la reducción y el análisis de datos de espectroscopía de campo integral bidimensional (IFU) obtenidos con MEGARA en el Gran Telescopio Canarias (GTC) y con WEAVE en el telescopio William Herschel (WHT). Para la muestra de galaxias se han elaborado y estudiado mapas bidimensionales de metalicidad, estructuras espaciales y características cinemáticas del gas ionizado. También se mostrarán los avances logrados en el proceso de reducción de datos, incluyendo la limpieza de rayos cósmicos dobles y la simulación de imágenes para la estimación robusta de incertidumbres.

---

## Refractory and volatile sulfur in massive star-forming regions

**Aitana Tasa Chaveli**

Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM), Centro de Astrobiología (CAB, CSIC-INTA)

Sulfur is essential for life, but its abundance and distribution in the interstellar medium remain uncertain, with over 90% of sulfur undetected in cold molecular clouds. One possibility is that the remaining sulfur is locked in refractory material. Recently, some gaseous refractory species have been detected in massive star forming regions, opening the possibility of exploring the chemical composition of refractories through gas-phase observations. We find convincing evidence of a reliable detection of CaS, and tentative detections of KS and KSH in the disk G351.77-mm1. These are the first ever identifications of these species in the interstellar medium. The CaS, KS, and KSH column densities are about 3 orders of magnitude lower than those of the abundant sulfur compounds CH<sub>3</sub>SH, SO<sub>2</sub> and SiS, proving that these species are not the major reservoir of sulfur at the spatial scales probed by our observations. Higher angular resolution observations at different wavelengths are required to confirm these detections, which are of paramount importance to gain insights into the formation of gas-phase refractory molecules.