

# Jornadas de Doctorandos 2019-20

## Sesión de mayo

### Programas de Doctorado en Física y en Astrofísica

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID



Miércoles 6 de mayo		Jueves 7 de mayo
09:30-09:45	<b>Charla informativa sobre procedimientos y plazos</b> Vicedecano de Investigación y Doctorado	Bonilla Alba, Raquel
09:50-10:05		Ayuso Angulo, Leire
10:10-10:25		Almagro Ruiz, Azahara
10:30-10:45	Caudevilla Gutiérrez, Daniel	Ariza García, Rocío
10:50-11:05	Sánchez Vicente, Carlos	Barcala Gosende, Xoana
11:10-11:25	González-Adalid Pemartín, Isidoro	Martínez Hernández, Alejandro
11:30-11:45	Peralta Somoza, Andrea	De la Malla García-Zozaya, Fernando
11:45-12:05	<b>Receso</b>	
12:05-12:20	Suárez Méndez, Isabel	Valladolid Onecha, Victor
12:25-12:40	García Díez, Miguel	Mena Fernández, Juan
12:45-13:00	Miener, Tjark	Qutián Hernández, Lara
13:05-13:20	Quezada Calonge, Carlos	Díaz Fernández, Javier
13:25-13:40	Rodríguez Blanco, Andrea	García Santa-María, Miriam
13:45-14:00	Arias Valcayo, Fernando	Navarro Almada, David

**Desarrollo y aplicaciones de láseres de pulsos ultracortos de supercontinuo coherente todo-fibra basados en fibras de cristal fotónico de dispersión todo-normal**

Almagro Ruiz, Azahara  
R&D – Photonics Scientist (FYLA LASER S.L.)

Las fuentes de luz de supercontinuo (SC) basadas en fibras de cristal fotónico (PCFs), con rangos espectrales de emisión hasta de 400 a 2500 nm, son ideales en técnicas tales como la microscopía de fluorescencia (lineal o no lineal) o la tomografía óptica coherente, entre otras. Estas fuentes se consiguen excitando las PCFs con pulsos ultracortos (pico y femtosegundos) en el régimen de dispersión de velocidad de grupo (GVD) anómala, cerca de la longitud de onda de GVD nula. Debido al proceso por el cual se genera el ensanchamiento espectral, que involucra efectos no lineales acumulados y mezclados de automodulación de fase, efectos de solitón, ondas dispersivas, Raman scattering estimulado, four wave mixing, etc., se tienen fluctuaciones tanto en la intensidad como en la fase relativa de las distintas componentes espectrales. Esto es lo que lleva a que la fuente no sea coherente temporalmente. Si por el contrario la PCF excitada presenta una GVD todo normal (*All-normal dispersion*, ANDi) en la región espectral de generación de supercontinuo, se puede lograr emisión temporalmente coherente, dado que el ensanchamiento espectral es resultado únicamente de los efectos de automodulación de fase y four-wave mixing. Se evitan así los efectos solitónicos propios de la propagación en régimen de dispersión anómala y se llegan a obtener SCs de espectro plano de alta coherencia que conservan la compresibilidad del pulso en el dominio temporal. FYLA ha diseñado y fabricado un sistema de generación de SC coherente basada en ANDi PCF excitada a 1064 nm, junto con la etapa de compresión y posterior medida, que permite obtener pulsos de duración tan corta como 15 femtosegundos. La ventaja fundamental de este sistema es que es todo-fibra (*all-fiber*). Es decir, toda la arquitectura del láser está formada por etapas de fibra óptica que a su vez están conectadas entre sí por fibras ópticas. Esto se traduce en un sistema que, al tener muchas menos pérdidas, reduce hasta dos órdenes de magnitud el requerimiento de potencia del láser de excitación de las PCFs. Por tanto, el sistema es más robusto, requiere menos complejidad e inversión y se convierte en un sistema más industrializable. El objetivo futuro de esta línea de investigación, que constituirá el eje del desarrollo de mi doctorado, es el de obtener láseres supercontinuos temporalmente coherentes de pocos ciclos (*few-cycle*) en el rango espectral alrededor de los 1500 nm. Esta longitud de onda más larga permite mayor penetración en tejidos biológicos y a su vez es ideal para caracterización localizada de semiconductores mediante técnicas como la TPA-TCT (Two Photons Absorption – Transient Current Technique) ya que esos materiales presentan menor absorción a esa longitud de onda.

---

---

**Técnicas de Reconstrucción y Corrección de Movimiento en Imagen PET**

Arias Valcayo, Fernando  
Grupo de Física Nuclear, UCM

La Tomografía por Emisión de Positrones (PET) es una técnica para obtener imágenes fisiológicas. La presencia de movimiento en adquisiciones PET es un problema común, especialmente en animales despiertos, niños y pacientes con enfermedades neurológicas. Actualmente, la mayoría de estudios se realizan bajo los efectos de la anestesia, lo que afecta al funcionamiento fisiológico del cuerpo. Para evitar este efecto proponemos el uso de fuentes emisoras de positrones adheridas a la piel para la detección y posterior corrección de movimiento. Se ha desarrollado un software preparado para procesar las adquisiciones, localizar los marcadores y corregir el movimiento.

Hemos realizado distintos estudios en adquisiciones de escáneres preclínicos con animales despiertos. Se ha obteniendo una resolución comparable a la resolución de dichos escáneres en adquisiciones sin movimiento.

## **Crecimiento de estructuras autoorganizadas de ZnO:Zr sobre sustratos estructurados mediante láser de femtosegundo**

Ariza García, Rocío

Departamento de Física de Materiales, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid

Grupo de Procesado por Láser, Instituto de Óptica "Daza de Valdés" - CSIC

El óxido de zinc es un semiconductor bien conocido debido a las propiedades ópticas y eléctricas que presenta. Estas propiedades pueden verse mejoradas mediante la introducción de distintos elementos como dopantes. En este trabajo se propone el Zr como dopante debido a la similitud en radios iónico, minimizando la distorsión de la red. Además, se ha visto un incremento en la densidad de portadores, así como mejoras en la estabilidad química y térmica de las estructuras. Estas propiedades hacen que el sistema ZnO:Zr tenga un gran potencial en aplicaciones de fotocatalisis, donde conseguir estructuras organizadas puede favorecer la eficiencia del proceso.

En este trabajo se pretende inducir un crecimiento preferencial de estructuras de ZnO:Zr mediante la irradiación con pulsos ultracortos. Las irradiaciones se realizan con un láser pulsado de femtosegundo de alta repetición ( $\lambda=1030$  nm, duración de pulso de 340 fs, 500 kHz) con el que se consigue crear estructuras periódicas en superficie inducidas por láser (LIPSS) en distintos sustratos. Posteriormente, sobre los sustratos estructurados con LIPSS se realiza un crecimiento por Vapor-Sólido de las estructuras de ZnO:Zr, obteniendo sitios de nucleación preferente. Los resultados muestran el potencial de la estructuración por láser para conseguir un crecimiento selectivo y controlado de nano y microestructuras de ZnO dopado con Zr manteniendo sus buenas propiedades ópticas.

---

---

## **Desarrollo de una cámara hiperespectral y polarimétrica basada en cristales líquidos para su utilización en pequeños satélites**

Ayuso Angulo, Leire

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA)

Actualmente existen cámaras hiperespectrales y multispectrales de tamaño reducido embarcadas en pequeños satélites para la observación de la tierra, es una tecnología emergente que se encuentra en desarrollo y continuo crecimiento. Esta tecnología, ofrece la ventaja de operar en distintas bandas de frecuencia a la vez, por lo que solventan algunas limitaciones de otros tipos de dispositivos, haciendo más fácil, por ejemplo, las tareas de clasificación de los objetos detectados e identificación de materiales al disponer de una mayor información espectral.

El instrumento desarrollado está formado por dos dispositivos esenciales: un modulador de polarización de cristal líquido calificado para espacio y una cámara monocromática CMOS. El funcionamiento de la cámara hiperespectral, en este caso, es muy parecido al funcionamiento de un interferómetro de Michelson, pero en vez de dividir el haz de entrada y cambiar el camino óptico entre los dos haces, se introduce el cambio de camino entre los dos estados ortogonales de polarización de la luz con el dispositivo de cristal líquido.

En estas jornadas se presentarán los resultados obtenidos de la prueba conceptual de la cámara hiperespectral.

## **Tecnología Sim+Vis: aplicación en clínica**

Barcala Gosende, Xoana  
Laboratorio de Óptica Visual y Biofotónica, Instituto de Óptica, CSIC  
2Eyes Vision S.L.

SimVis Gekko™ es un simulador visual binocular que permite a los usuarios experimentar antes de una cirugía de cataratas la visión que tendrían con distintas lentes intraoculares (LIO). Del mismo modo, permite experimentar la visión que tendrían con distintas lentes de contacto (LC), antes del proceso de adaptación. Además de lentes monofocales convencionales, SimVis Gekko recrea correcciones de presbicia como son las soluciones basadas en visión simultánea o la monovisión. Esto es posible gracias a la tecnología Sim+Vis™, que utiliza lentes optoajustables trabajando a gran velocidad bajo el principio de multiplexación temporal.

En esta tesis se ha diseñado tecnología para la evaluación y el control de las lentes optoajustables y de la tecnología Sim+Vis™. En concreto, se han desarrollado bancos ópticos para la medida y evaluación de potenciales degradaciones en la imagen simulada: cambios dinámicos de potencia, cambios de aumentos, efecto prismático, curvatura de campo, calidad óptica...

Se ha desarrollado una nueva métrica llamada Multifocal Acceptance Score to Evaluate Vision (MAS-2EV™) para poder evaluar la satisfacción visual de los pacientes con correcciones de presbicia, ya sean reales o simuladas, y considerando el carácter multidimensional de la percepción visual (escenarios, tareas visuales, distancias, luminancias).

Con todo ello, se plantean diferentes estudios en clínica: validación de la métrica MAS-2EV en pacientes jóvenes y presbítas, comparación de SimVis Gekko con LCs reales (monofocales y multifocales) en pacientes presbítas, y demostrando la validez de las simulaciones en pacientes con distintos grados de catarata.

---

---

## **Estudio de las variaciones del campo geomagnético en Asia Central**

Bonilla Alba, Raquel  
Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, UCM

El campo magnético terrestre cambia constantemente, con distintas periodicidades a lo largo del tiempo. Gracias a los estudios arqueomagnéticos más recientes se ha detectado una brusca subida en la intensidad del campo en torno al 1000 a.C. seguida de una importante disminución. Aunque parece que se trata de un fenómeno regional, se ha observado en distintas partes del mundo, como el Oriente Próximo, Israel y Georgia, Europa y Corea. El principal objetivo de este estudio es ampliar nuestro conocimiento acerca del comportamiento espacial y temporal de dicho evento mediante la adquisición de nuevos datos de arqueointensidad en la región de Asia central durante el I milenio a.C. Para esto se ha utilizado el protocolo clásico de paleointensidad de Thellier en el tratamiento de 68 fragmentos cerámicos procedentes del sur de Uzbekistán.

Los resultados obtenidos confirman una caída drástica de la intensidad entre el 600 y el 200 a.C. en la zona de Asia central. Además, se han comparado los valores del Momento Dipolar Virtual Axial (VADM) con los valores del momento dipolar obtenidos gracias al modelo global SHA.DIF.14k, observando que los valores del VADM obtenidos en Uzbekistán son mayores que las estimaciones del modelo global.

## **Fotodetectores de germanio hiperdopado para detección de luz infrarroja**

Caudevilla Gutiérrez, Daniel

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

La detección de luz infrarroja es un campo de investigación muy activo debido a sus muchas aplicaciones, como la visión nocturna, telecomunicaciones por fibra óptica, conducción autónoma, etc. Los detectores fotovoltaicos de luz infrarroja son capaces de absorber luz con energías superiores al gap del semiconductor con el que están fabricados.

Los dispositivos para detectar el infrarrojo cercano y medio que se utilizan en la actualidad están basados en semiconductores de gap estrecho (InGaAs, PbSe o HgCdTe) que utilizan elementos que no son abundantes en la corteza terrestre, por lo que son caros y algunos de ellos son tóxicos. Además, estos semiconductores no son compatibles con los estándares de la tecnología CMOS basada en el silicio. Por contra, semiconductores como el germanio sí que presenta esta compatibilidad.

El germanio tiene una respuesta espectral en el rango del infrarrojo cercano para fotones con energías superiores a 0.67 eV (hasta 1850 nm). Sin embargo, se podría extender la respuesta en al infrarrojo medio si se consigue introducir una alta concentración de impurezas por encima de su límite de solubilidad sólido, que creen centros de energía profundos dentro del gap del semiconductor, como pueden ser los metales de transición o los calcogenuros. Introducir estas altas concentraciones de impurezas sin degradar el resto de propiedades es todo un reto tecnológico que requiere de técnicas de fuera del equilibrio termodinámico. La fabricación, caracterización y análisis de estos nuevos materiales son el marco de mi trabajo de tesis doctoral.

---

---

## **Modelización del Comportamiento de un Sistema Híbrido DG-V2G Mediante Redes Neuronales.**

### **Modeling the Behaviour of a DG-V2G Hybrid System Through Artificial Neural Networks.**

De la Malla García-Zozaya, Fernando

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

The underlying motivation for this PhD Thesis is searching for a solution to the existing gap between energy supply and demand, and an overall increase in grid efficiency. With the increased generation of energy through renewable energy sources, what used to be a problem of constant excess energy supply has transformed into an energy distribution, in both space and time, and an energy gap problem.

Combining the real-world problem and modern AI, the idea behind the Thesis is to find the optimal hypothetical solution to the problem described.

La motivación subyacente de esta tesis doctoral es buscar una solución a la brecha existente entre la oferta y la demanda de energía, y un aumento general en la eficiencia de la red. Con el aumento de la generación de energía a través de fuentes de energía renovables, lo que solía ser un problema de exceso constante de suministro de energía se ha transformado en un problema de distribución de energía, tanto en el espacio como en el tiempo, y un problema de brecha energética.

Combinando el problema del mundo real y la IA moderna, la idea detrás de la Tesis es encontrar la solución óptima hipotética al problema descrito.

## **Análisis de episodios de ondas de montaña en la Sierra de Guadarrama**

Díaz Fernández, Javier  
Departamento Física de la Tierra y Astrofísica, UCM

La turbulencia y el engelamiento asociados a las ondas de montaña son fenómenos meteorológicos que afectan a la seguridad aérea. En este estudio, ambos fenómenos meteorológicos se analizaron en las proximidades del Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas (España). En esta área, las ondas de montaña se forman cuando fuertes vientos, perpendiculares a la Sierra de Guadarrama, son forzados a ascender. Un total de 18 episodios con vientos procedentes del norte/noroeste fueron simulados usando el modelo Weather Research and Forecasting (WRF), utilizando seis esquemas de parametrización. El contenido de agua líquida y las corrientes verticales simuladas, asociadas con la presencia de ondas de montaña, fueron validadas utilizando las observaciones procedentes del Meteosat Second Generation Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager (MSG-SEVIRI). Se realizó un análisis de sensibilidad mediante el cálculo de varios skill-scores, donde se encontraron pocas diferencias entre las seis parametrizaciones. Sin embargo, una de ellas mostró mejores resultados. Además, varias variables atmosféricas relacionadas con la formación de ondas de montaña fueron simuladas para caracterizar estos episodios. Para ello, estas variables fueron simuladas con el mejor esquema de parametrización en tres localizaciones diferentes (ubicados en la zona de barlovento, sotavento y Guadarrama). Los resultados obtenidos mostraron que, para la formación de ondas de montaña, las direcciones del viento deben proceder del cuarto cuadrante, las velocidades del viento deben de ser moderadas y es necesaria una estabilidad neutra o ligeramente estable.

---

---

## **Desarrollos en detectores gamma de alta resolución temporal y en energía**

García Díez, Miguel  
Grupo de Física Nuclear, Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica e IPARCOS, UCM

El uso de SiPMs como detectores de radiación gamma se está abriendo paso tanto en los experimentos de física nuclear como en el ámbito de la física médica. Esto es debido a que gracias a sus características de PDE, invariación ante campos magnéticos, bajo voltaje necesario, facilidad y versatilidad de utilización tienen el potencial necesario para ser utilizados en lugar de los tubos fotomultiplicadores que se han venido usando en este ambiente.

A lo largo de este trabajo de investigación se han evaluado distintos modelos de las marcas de SiPM comerciales (Hamamatsu, SensL, Ketek) en distintos tamaños y matrices, junto con gran variedad de cristales centelladores (LYSO, CeGAGG, LaBr<sub>3</sub>(Ce), CsI(Tl), etc.) con el fin de buscar las mejores combinaciones que proporcionasen los mejores resultados de resolución en energía y tiempo, para posteriormente optimizar la electrónica de adquisición y el procesado digital de los pulsos adquiridos para lograr mejores resultados que los obtenidos utilizando tubos fotomultiplicadores.

---

---

## **Investigando quantum annealers experimentales como vidrios de espín**

González-Adalid Pemartín, Isidoro  
Departamento de Física Teórica, UCM

La teoría de la complejidad computacional clasifica los problemas computacionales atendiendo a la cantidad de recursos (memoria, tiempo de cálculo, etc.) necesarios para resolver un problema y al número de agentes,  $N$ , que intervienen. El contexto natural son los problemas de optimización combinatoria, por ejemplo, decidir la ruta óptima de un reparto con  $N$  paradas o la reconstrucción de cromosomas a partir de  $N$  fragmentos de ADN. Aquellos problemas cuya dificultad (entendida como cantidad de recursos necesarios para resolverlo) escala de forma polinómica en  $N$  se denominan de tipo P (*polynomial time*), y se consideran abordables. Por otro lado tenemos los

problemas NP (*nondeterministic polynomial time*), que escalan de forma exponencial en un ordenador determinista.

En este contexto, la Mecánica Cuántica podría suponer una revolución. En efecto, tenemos algunos ejemplos altamente no triviales de algoritmos (como los de Shor y Grover) que se resolverán mejor en ordenadores cuánticos. En este sentido, los *Quantum Annealers* resultan una opción prometedora para resolver problemas de optimización. En particular, los chips experimentales D-Wave 2X tratan de hallar el estado fundamental de un vidrio de espines. Este problema resulta tan difícil que se han construido ordenadores exclusivamente para su estudio (como Janus I y II), además de interesante, ya que se trata de un problema NP-completo, por lo que muchos problemas de optimización pueden mapearse al de obtener el estado fundamental de un vidrio de espines.

Así pues, nuestro trabajo busca la unificación de dos campos de investigación para el desarrollo de un ordenador cuántico, a saber, el estudio experimental de dispositivos de *Quantum Annealing* y la investigación teórica de aleaciones magnéticas desordenadas llamadas vidrios de espín.

---

---

### Detección de deformaciones inducidas por gravedad en heliostatos

Martínez Hernández, Alejandro  
Unidad de Procesos de Alta Temperatura, IMDEA Energía, Madrid

La eficiencia óptica de un campo solar se ve afectada por las deformaciones inducidas por gravedad en la estructura de los heliostatos. La existencia de estas deformaciones provoca errores ópticos y de apunte, los cuales hacen decrecer la eficiencia óptica del campo. En este trabajo se muestra una nueva metodología capaz de detectar este tipo de deformaciones. Este método se basa en la comparación entre los mapas de flujo experimentales y numéricos de un heliostato a diferentes horas del día. Los mapas de flujo numéricos se simulan usando matrices de desviación de la pendiente obtenidas mediante deflectometría. Dichas matrices se obtienen para una orientación específica del heliostato. Por lo tanto, si no existen deformaciones, los mapas de flujo numéricos y experimentales serán iguales a cualquier hora del día. Por el contrario, si existen deformaciones, habrá diferencias entre ambos mapas dependiendo de la hora del día, es decir, de la orientación del heliostato. La comparación entre ambos mapas se lleva a cabo de manera cuantitativa mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

---

---

### Measurements of the Baryon Acoustic Oscillations in simulated galaxy catalogs

Mena Fernández, Juan  
División de Astrofísica de Partículas, Departamento de Investigación Básica (CIEMAT)

The Baryon Acoustic Oscillations (BAO) are fluctuations in the density of baryonic matter of the Universe. The BAO signal can be studied analyzing the galaxy clustering via the two point correlation function of the data (Angular Correlation Function or ACF), since it appears as a peak in the ACF at an angular scale corresponding to the sound horizon at recombination. The ACF can be obtained from the positions of galaxies in the sky, i.e., from a galaxy catalog.

The objective of this study is to develop a method to obtain the BAO angular scale ( $\theta_{BAO}$ ) from the ACF, and apply it to 1000 simulated galaxy catalogs (mocks). Firstly, we will calculate the ACF for all the galaxy catalogs, for which the Landy-Szalay estimator will be used. Secondly, we will fit each ACF to a model that includes a peak (which will be the BAO scale). We will consider a parametric model with three terms: a power law, a gaussian and a constant (Power Law + Gaussian or PLG method). We will get a good fit in about 85-95% of the mocks, and will obtain a standard deviation of 4-5% in  $\theta_{BAO}$  (depending on the redshift bin). This standard deviation is an estimation of the error in  $\theta_{BAO}$  measured in data catalogs. We also show that the method is bias-free, since we recover the cosmological parameters of the simulation.

---

---

## Indirect dark matter searches in the gamma-ray band

Miener, Tjark

Institute of Particle and Cosmos Physics (IPARCOS) y Departamento de Estructura de la Materia,  
Física Térmica y Electrónica, UCM

The nature of dark matter (DM) is still an open question for modern physics. In the particle DM paradigm, this elusive kind of matter cannot be made of any of the known particles of the Standard Model (SM). Many efforts have been made in order to model the nature of the DM. Among others, and beyond the SM of particle physics, we focus on one part of this contribution on brane world theory as a prospective framework for DM candidates. Branons are new degrees of freedom that appear in flexible brane-world models corresponding to brane fluctuations. They are a natural DM candidate, because branons behave as Weakly Interacting Massive Particles (WIMPs), that are one of the most favored candidates for DM. Imaging atmospheric Cherenkov telescopes (IACTs) and other gamma-ray observatories could potentially detect DM indirectly, by observing secondary products of its annihilation into SM particles. In the past years, separate limits on the velocity-weighted cross section of DM self-annihilation have been produced by the Fermi-LAT, HAWC, H.E.S.S., MAGIC, and VERITAS collaborations. On the second part of this contribution, we will report on an initiative aiming at combining data from these five experiments in order to maximize the sensitivity of DM searches towards dwarf spheroidal galaxies (dSphs). We developed a python package, called LikelihoodCombiner, which is able to produce combined limits.

---

---

## Estudio de la transición metal-aislante en $\text{SrIrO}_3$ en función del espesor y control mediante dopado electrostático

Peralta Somoza, Andrea

Departamento de Física de Materiales, UCM

El  $\text{SrIrO}_3$  es un semimetal de estructura perovskita en el cual se combina una fuerte interacción espín-orbita y fuertes correlaciones. El delicado equilibrio entre la interacción espín-orbita, las correlaciones electrónicas y el ancho de banda hace que este material se encuentre al borde de una transición metal-aislante y de una estabilidad ferromagnética.

En este trabajo hemos explorado la transición metal-aislante del iridiato de en función del espesor. Para ello se han crecido laminas ultradelgadas de este material con distintos espesores y posteriormente se han realizado medidas de su resistividad longitudinal, así como resistividad transversal (efecto Hall). Además de observarse una transición metal-aislante al reducir el espesor se ha observado que, ligado al estado aislante, aparece un efecto Hall Anómalo asociado a ferromagnetismo emergente fuera del plano. A su vez, utilizando liquido iónico hemos sido capaces de controlar la transición metal-aislante y con ello el estado ferromagnético.

---

---

## Top loop corrections to WW scattering in EChL

Quezada Calonge, Carlos

Departamento de Física Teórica, UCM

We consider an effective non-linear Electroweak Chiral Lagrangian (EChL) containing three would-be Goldstone bosons  $w^a$  which transform non-linearly as a triplet under  $SU(2)_L \times SU(2)_R$  and a Higgs singlet  $h$  plus its couplings to fermions via Yukawa interactions. We calculate the contributions from top quark loops to WW scattering in different scenarios beyond the Standard Model.

## **Análisis y modelización de un ciclón subtropical en el océano Atlántico nororiental**

Quitián Hernández, Lara  
Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, UCM

Uno de los objetivos principales de esta tesis es comprender de una mejor manera la dinámica de las transiciones que experimentan sistemas meteorológicos tan extremos como son los ciclones tropicales o los huracanes. Antes de alcanzar dicha categoría pueden llegar a adquirir características térmicas y dinámicas que definan al ciclón como subtropical (STC). Los efectos de este tipo de ciclones pueden llegar a ser tan destructivos como los de un ciclón tropical o, incluso, los de un huracán. Es por ello que su estudio e interés ha ido incrementándose con los años con el fin de comprender los mecanismos de formación e intensificación que los definen.

Por otro lado, los avances en los modelos numéricos y en la consiguiente predicción meteorológica han permitido mejorar de manera sustancial el pronóstico de este tipo de fenómenos. Sin embargo, su rápida intensificación, así como la escasez de datos observacionales en zonas oceánicas hacen que sea, a veces, difícil llevar a cabo simulaciones precisas. Lo que provoca una mayor motivación entorno a la modelización de este tipo de eventos meteorológicos tan extremos.

---

---

## **Computación cuántica tolerante a fallos en procesadores cuánticos actuales**

Rodríguez Blanco, Andrea  
Departamento de Física Teórica, UCM

La corrección cuántica de errores es una de las áreas de investigación más activas dentro del campo de la computación cuántica. Se trata de un conjunto de métodos utilizados para proteger la información de interacciones indeseadas con el entorno (decoherencia) y otras formas de ruido. La realización de computación cuántica tolerante a errores presenta la corrección cuántica de errores como un ingrediente fundamental para posibilitar una computación robusta en entornos ruidosos y para lograr escalar estos sistemas suficientemente. Una de las formas más prometedoras para proteger la información cuántica de la decoherencia se basa en el uso de códigos topológicos de color y varios qubits auxiliares durante el proceso de medida que nos permitan detectar a tiempo un error antes de que se propague en forma de múltiples errores a la información que estamos procesando.

Durante la jornada se hará una breve introducción a la corrección cuántica de errores usando el formalismo de los estabilizadores. Se discutirán las nuevas técnicas que estamos empleando para proteger la información en los procesadores cuánticos actuales, con el objetivo de lograr una computación cuántica más robusta.

---

---

## **Desarrollo y validación de sensores químicos nanoestructurados selectivos para la detección de marcadores de enfermedades respiratorias en el aliento.**

Sánchez Vicente, Carlos  
Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información del CSIC

El trabajo de doctorado está enfocado al estudio y desarrollo de nanosensores químicos selectivos para la detección en el aliento de compuestos de interés como marcadores de enfermedades respiratorias. Para la consecución de este objetivo se adopta un enfoque multidisciplinar con una parte relevante en la preparación de materiales nanoestructurados mediante técnicas como electrohilado, depósito químico en fase vapor o deposición por goteo. Los sensores fabricados a partir de ellos se caracterizarán eléctricamente en atmósferas gaseosas que contengan los compuestos objetivo para determinar propiedades tales como sensibilidad, selectividad, tiempo de respuesta y reproducibilidad.

Debido a la complejidad de la composición del aliento solo se elegirán unos pocos compuestos representativos para la caracterización de los sensores (monóxido de carbono, monóxido de nitrógeno y VOCs). Una vez seleccionados los mejores materiales sensibles y fabricados los nanosensores se procederá a integrar una matriz de ellos en un sistema multisensor que comprenderá asimismo sensores comerciales de temperatura y humedad. Dicho sistema se validará en laboratorio en atmósferas complejas que simulen el aliento.

---

---

### **Caracterización de la dinámica cerebral para la detección temprana en personas en riesgo de demencia**

Suárez Méndez, Isabel

Laboratorio de Neurociencia Cognitiva y Computacional (UCM-UPM), Centro de Tecnología Biomédica (CTB)

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

La elevada incidencia de la Enfermedad de Alzheimer (EA) sumada a la falta de tratamientos efectivos y al progresivo envejecimiento de la población sientan las bases de un creciente problema sanitario, social, y económico, y subrayan la urgencia por explorar nuevas alternativas multidisciplinares que ayuden a comprender los mecanismos de la patología y propicien el diagnóstico precoz. La magnetoencefalografía (MEG) presenta las características y la resolución espacio-temporal óptimas para guiar la investigación no invasiva de la dinámica cerebral mediante la caracterización de los perfiles electrofisiológicos de poblaciones en riesgo, en este caso mediante el estudio de la conectividad funcional (estática y dinámica) y la criticalidad (avalanchas neuronales). Estas medidas son capaces de detectar desviaciones de los puntos de operación óptimos derivadas de procesos patológicos prolongados y por tanto facilitan la introducción de biomarcadores para la detección temprana. Este trabajo está vinculado al proyecto VirtualBrainCloud (TVB-Cloud): «Personalized Recommendations for Neurodegenerative Disease» para la investigación de enfermedades neurodegenerativas, especialmente la EA. Este proyecto persigue un acercamiento individualizado al diagnóstico mediante la combinación de la neurociencia computacional y la biología de sistemas subcelulares, integrando ambas líneas de investigación bajo un modelo computacional personalizado de la enfermedad.

---

---

### **Verificación del rango de los protones en proton terapia mediante el uso de contrastes y técnicas de image PET**

Valladolid Onecha, Victor

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

La protonterapia es una técnica de radioterapia que usa protones como partículas ionizantes y que presenta una serie de ventajas claras frente a la radioterapia convencional. La principal y más importante de estas ventajas es la propiedad que tienen los protones de depositar la mayor parte de su energía en el final de su trayectoria, formando lo que se conoce como pico de Bragg, y permitiendo concentrar la dosis en el tejido tumoral y reducir la irradiación de tejido sano. Ahora bien, debido a este comportamiento tan abrupto de la deposición de dosis, la técnica es muy sensible a cualquier incertidumbre que pueda existir entre el planning médico y el resultado final, siendo la principal fuente de incertidumbre el rango del protón que está en torno al 3% de su valor. Las técnicas de verificación de rango del protón abordan este problema con el objetivo de reducir estas incertidumbres al mínimo posible para alcanzar el máximo potencial de la protonterapia.

Una de las técnicas más aceptadas es la verificación del rango mediante imagen "Positron Emission Tomography" (PET), ya que los protones generan isótopos PET cuando interactúan con los átomos de la materia que atraviesan. El problema es que estos isótopos no son ideales para hacer imagen PET útil para la verificación del rango. Lo que se propone en este trabajo es una idea muy novedosa que consiste en el uso de agentes de contrastes, como ya se usan en CT, para mejorar la calidad de la

imagen PET que se puede obtener a partir de una irradiación con protones. Se ha realizado un experimento en el que se ha irradiado un phantom que contiene uno de los posible contrastes (Agua-18), y posteriormente se adquirió una image PET en la que se observa como mejora la imagen considerablemente en comparación con la actividad natural producida en ausencia de contraste.

---

*RESÚMENES DEL PROGRAMA DE DOCTORADO EN  
ASTROFÍSICA*

---

**Cartografiado submilimétrico de la región Sgr B2 en el Centro Galáctico**

García Santa-María, Miriam  
IFF-CSIC

En los últimos años, debido a los avances tecnológicos en los observatorios, las observaciones de líneas moleculares de objetos extragalácticos son un tema tendencia. Las galaxias *starbursts* y con AGNs emiten líneas atómicas y moleculares brillantes en el rango submilimétrico (submm) procedentes de gas neutro templado ( $T_k \sim 100$  K). Sin embargo, no está claro cuáles son los mecanismos de calentamiento globales de este gas. La resolución espacial disponible para los estudios extragalácticos suele ser peor que 20 pc, utilizando incluso interferómetros. Para la interpretación de los espectros promedios sobre una escala típica de 20 pc, es fundamental entender la distribución espacial de la emisión de diferentes especies moleculares y transiciones, con estudios de mejor resolución espacial, en regiones de formación estelar prototípicas de nuestra galaxia. En este trabajo presento un cartografiado espectroscópico submm a gran escala,  $44 \times 44$  pc<sup>2</sup> (18' x 18'), de la región de formación de estrellas masivas Sgr B2, realizado con el espectrómetro SPIRE-FTS, a bordo del satélite y telescopio *Herschel*.

Sgr B2 es una de las regiones de formación estelar más luminosa ( $\geq 10^7 L_\odot$ ) y masiva ( $\approx 10^7 M_\odot$ ) de la galaxia. Está situada en la Zona Molecular Central, a 100 pc de Sgr A\*, el centro de la galaxia. Sgr B2 presenta una química muy rica (más de la mitad de las moléculas presentes en el medio interestelar fueron detectadas por primera vez en esta región), y unas condiciones físicas similares a las encontradas en otras galaxias activas (ULIRGs y *starbursts*). A una distancia de 8.5 kpc, esta región es un laboratorio excelente para resolver espacialmente la nube ambiente extensa de los principales núcleos de formación de estrellas tipo OB, así como para estudiar las propiedades del gas templado extenso en condiciones similares a las que posiblemente dominan en núcleos activos de galaxias. El espectro submm de Sgr B2 está dominado por líneas rotacionales en emisión de CO J=4-3 a 12-11, <sup>13</sup>CO J=5-4 a 7-6, por las líneas atómicas de estructura fina de [Cl] 371 y 609  $\mu$ m, y [NII] 205  $\mu$ m, así como por líneas en absorción de diversos hidruros (e.g., OH<sup>+</sup>, NH, H<sub>2</sub>O). Además, hemos complementado estos cartografiados submm con observaciones en la banda de 3 mm realizadas con el radiotelescopio IRAM 30m. En particular, hemos cartografiado las líneas SiO J=2-1, N<sub>2</sub>H<sup>+</sup> J=1-0, HCN J=1-0, y HCO<sup>+</sup> J=1-0, resolviendo la estructura en velocidades de la emisión. Para completar el análisis hemos utilizado imágenes fotométricas de la emisión térmica del polvo (24 a 870  $\mu$ m), y de la emisión integrada de Rayos X duros (3 a 79 keV). En esta presentación resumiré el trabajo realizado en el último año junto con algunos de los principales resultados obtenidos.

## Chemical and dynamical coupling in the star-formation process

Navarro Almáida, David  
Observatorio Astronómico Nacional – IGN

A vast amount of effort is being directed towards the understanding of the formation and evolution of stars. The chemical evolution of matter in the Universe significantly affects this process, as molecule abundances are tightly related to the cooling rate of interstellar gas and its dynamics via interaction with magnetic fields. To address these topics, we analyze star formation regions from the point of view of the Sulphur chemistry, which can provide insights on grain chemistry and composition towards the edge of molecular clouds with the help of state-of-the-art chemical models. Furthermore, deuterated molecules are extremely useful for cold core characterization, since they can be used as probes for their evolutionary stages and are a unique tool to determine the gas temperature and density before and during collapse. Finally, we need to consider the role of modern computation techniques and models. Realistic MHD collapse simulations are powerful tests for the ideas developed above and allow us to perform complete chemical studies of the whole star-formation process.

---

---